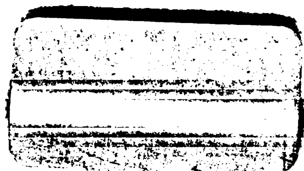
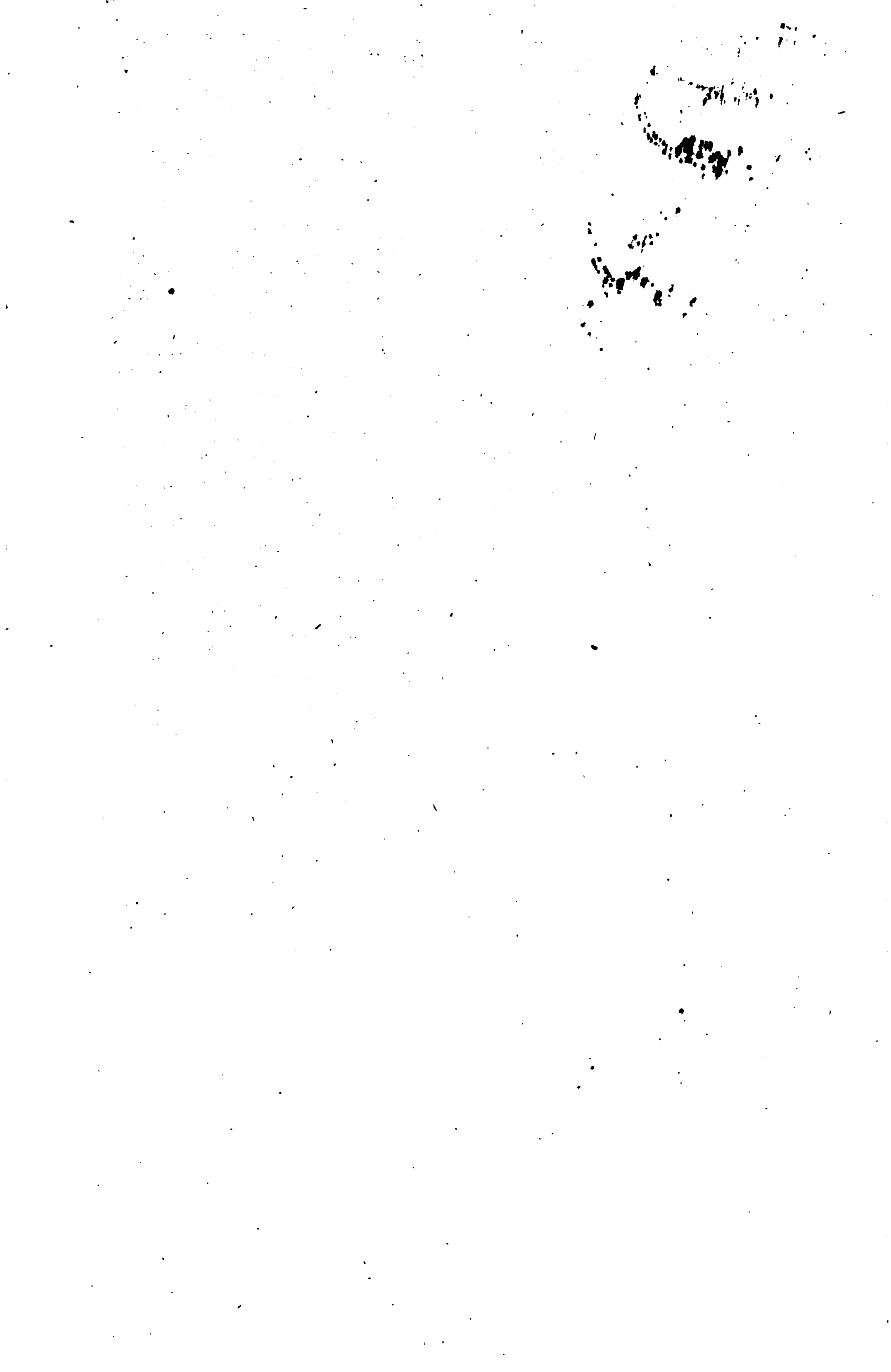






ANLEITUNG

ZUR

AUSFÜHRUNG DER WICHTIGSTEN BESTIMMUNGEN

BEI DER

BODEN-UNTERSUCHUNG.

Holzstiche
aus dem xylographischen Atelier
von Friedrich Vieweg und Sohn
in Braunschweig.

Papier
aus der mechanischen Papier-Fabrik
der Gebrüder Vieweg zu Wendhausen
bei Braunschweig.

ANLEITUNG

ZUR

AUSFÜHRUNG DER WICHTIGSTEN BESTIMMUNGEN

BEI DER

BODEN-UNTERSUCHUNG,

ZUM

GEBRAUCH IM LABORATORIUM ZUSAMMENGESTELLT

VON

Dr. R. FRÜHLING

in Braunschweig.

ZUGLEICH

ERGÄNZUNGS-HEFT

ZU DER ANLEITUNG ZUR UNTERSUCHUNG DER FÜR DIE

ZUCKER-INDUSTRIE

IN BETRACHT KOMMENDEN ROHMATERIALIEN, PRODUCTE, NEBENPRODUCTE UND HÜLFSSUBSTANZEN.

VIERTE AUFLAGE

VON

Dr. R. FRÜHLING UND **Dr. J. SCHULZ,**

gerichtl. vereid. Handels-Chemiker, Direction der Schule für Zucker-Industrie zu Braunschweig.

MIT 16 IN DEN TEXT EINGEDRUCKTEN HOLZSTICHEN.

BRAUNSCHWEIG,

DRUCK UND VERLAG VON FRIEDRICH VIEWEG UND SOHN.

1892.

VORREDE.

Während der alljährlichen Curse der von dem Unterzeichneten geleiteten „Schule für Zucker-Industrie zu Braunschweig“ wiederholt sich mit Regelmässigkeit der dringende Wunsch der jeweiligen Besucher dieser Lehranstalt, die praktische Thätigkeit im chemischen Laboratorium, die sich dem Zweck der Schule gemäss auf ein gewisses, engumgrenztes Gebiet beschränkt, durch einige Arbeiten im Bereich der Dünger- und der Boden-Analyse erweitern und beschliessen zu dürfen.

Während wir in der Lage waren, hinsichtlich der Untersuchung der künstlichen Düngemittel, auf unsere jetzt in vierter Auflage erschienene „Anleitung zur Untersuchung der für die Zucker-Industrie in Betracht kommenden Rohmaterialien, Producte, Nebenproducte und Hülfssubstanzen“ verweisen zu können, welche in einem längeren Abschnitt die diesbezüglichen bewährten und „vereinbarten“ Methoden ausführlich abhandelt, — haben wir vergeblich nach einem Buche gesucht, welches in ähnlicher, angemessener Kürze und Beschränkung die hauptsächlichsten analytischen Methoden der Boden-Untersuchung so zur Darstellung bringt, dass sie, fasslich und übersichtlich, auch dem weniger Geübten ohne grosse Schwierigkeiten ausführbar erscheinen.

In diesen Verhältnissen liegen die Gründe, welche uns veranlassten, die Zusammenstellung eines solchen Untersuchungs-Ganges selbst in die Hand zu nehmen. Die vorliegende „Anleitung zur Ausführung der wichtigsten Bestimmungen bei der Boden-Untersuchung“ soll versuchen, jene Lücke auszufüllen; sie bringt eine Arbeits-Vorschrift, nicht für erschöpfende, wissenschaftliche Aufgaben, sondern für Untersuchungen, welche, einfacher und enger gefasst, die Fragen nach den wesentlichsten, den „wichtigsten“ Boden-Verhältnissen zu beantworten im Stande sein dürften.

In der Art der Behandlung des Stoffes, in Form und Ausdrucksweise an die unseres obengenannten Buches eng sich anlehnend, auf dasselbe gelegentlich verweisend und zurückgreifend, bildet für den Besitzer desselben die vorliegende Arbeit ein „Ergänzungs-Heft“, während wir andererseits bemüht gewesen sind, ihm diejenige Selbstständigkeit zu bewahren, welche ermöglicht, auch ohne jenen Rückhalt sicher und zuverlässig danach arbeiten zu können. —

Die Anwendung einheitlicher Methoden ist bei der Boden-Analyse fast mehr geboten, als bei der Untersuchung irgend eines anderen Gegenstandes, und durch Aufstellung und Vereinbarung solcher einheitlichen Arbeits-Vorschriften haben sich die deutschen Versuchsstationen sehr verdient gemacht.

Es würde uns zur Freude und Genugthuung gereichen, wenn unsere anspruchslose Arbeit, die ja nach Lage der Sache nichts Neues zu bringen vermag, sondern auf jenen „vereinbarten“ Methoden sich aufbaut, dazu helfen möchte, die Kenntniss und Anwendung dieser Methoden in immer weitere Kreise zu tragen.

Braunschweig, im Juni 1892.

Dr. R. Frühling.

INHALTSVERZEICHNISS.

Boden-Untersuchung.

Boden-Untersuchung.

I. Allgemeines.

Unter „Boden" im Sinne des vorstehenden Ausdrucks versteht man die zu oberst befindliche, lockere, zum Theil erdige Schicht der Erdrinde, soweit dieselbe im Stande ist, einen Pflanzenwuchs, mag derselbe auch noch so kümmerlich sein, zu tragen[1]), — enger gefasst, die zu oberst befindliche Schicht des der wirthschaftlichen Benutzung zugänglichen Erdreiches.

Unter dieser von den Wurzeln der Pflanzen zunächst und vorzugsweise benutzten und durchzogenen obersten Schicht steht der sogenannte „Untergrund". Je weiter hinab, je tiefer bei der Bebauung, bei seiner Zubereitung und „Bestellung" der Boden bewegt und gelockert wird, um so mehr vertieft sich der nutzbare Antheil, um so mehr wandelt sich von dem festeren Untergrunde in lockeren Ackerboden um.

Dem Boden entnimmt die Pflanze vermittelst ihrer Wurzeln alle zu ihrer Entwickelung, zu dem Aufbau ihrer Organe und zu der schliesslichen Samenbildung nothwendigen Stoffe, die sogenannten Pflanzennährstoffe, mit alleiniger Ausnahme des Kohlenstoffs, welchen in Form von Kohlensäure die Atmosphäre liefert, — gleichzeitig dient der Boden der Pflanze als Standort und Stützpunkt.

Durch die dem bewachsenen Boden verbleibenden, absterbenden und sich allmählich zersetzenden Pflanzentheile, sowie durch künstliche Zuführung zersetzungsfähiger, organischer Stoffe, durch Düngung, hat die obere, im aufgelockerten Zustande „Ackerkrume" genannte Bodenschicht, dem Untergrunde gegenüber, einen bemerkenswerthen Gehalt an organischen, sogenannten „Humusstoffen" gewonnen, kohlenstoffreichen Zerfalls-Producten jener Pflanzenreste und Düngstoffe, welche unter gewöhnlichen Umständen die Ertragsfähigkeit eines Bodens wesentlich zu erhöhen vermögen und deren Anwesenheit der „Krume" eine dem Untergrunde meist mangelnde dunklere Färbung verleiht.

---

[1]) Wahnschaffe, „Anleitung zur wissenschaftlichen Bodenuntersuchung". Berlin. S. Parey 1887.

Die Haupt-Gemengtheile der Ackerkrume oder die Haupt-Boden-Constituenten sind: Sand, Thon, Humus und kohlensaurer Kalk. Sie finden sich in den verschiedenen Böden je nach deren Entstehungsweise und Lage in den mannichfachsten gegenseitigen Mengen-Verhältnissen; und danach und nach den durch diese Unterschiede hervorgerufenen Eigenschaften trennen sich die sogenannten „Boden-Arten" von einander. Man unterscheidet zunächst zwei Gruppen: Moorböden und Mineralböden, von denen die ersteren vorzugsweise reich sind an organischen Stoffen, während die letzteren vorwiegend aus mineralischen Stoffen bestehen.

Die Mineralböden nennt man Primitiv-Böden, wenn, nachdem sie durch Verwitterung und Zerfall des anstehenden Gesteins entstanden, sie noch auf der ursprünglichen Entstehungs-Stelle sich vorfinden, sie heissen Derivat-Böden oder Schwemm-Böden, wenn ihre Bestandtheile in flüssiger oder fester Form von den Verwitterungs-Stellen fortgeschwemmt wurden und demnächst an anderen Orten abgelagert worden sind. Die Bestandtheile der Primitiv-Böden können, je nach den Verhältnissen, noch weiter „verwittern", noch weitere Umsetzungen und Zersetzungen erleiden, die Bestandtheile der Derivat-Böden hingegen sind als die Endproducte der Bodenbildung aus dem festen Gestein zu betrachten.

Nach dem Vorwalten des einen oder des andern jener Haupt-Boden-Constituenten (Sand, Thon, kohlensaure Erden und Humus) theilt man die Mineralböden ein in:

1. Steinböden (Geröll-, Schotter-, Grand- und Grusböden),
2. Sandböden,
3. Lehmböden,
4. Thonböden,
5. Mergelböden,
6. Kalkböden,
7. Humusböden,

eine Eintheilung, welche einer weiteren Erklärung nicht bedarf.

Selbstverständlich sind die Grenzen dieser Eintheilung nicht scharf zu ziehen, zwischen den einzelnen Gruppen finden sich Uebergangs-Formen aller Art. Es hängt der Werth eines Bodens in Bezug auf seine Bebauungs- und Ertragsfähigkeit wesentlich von dem Verhältnisse ab, in welchem die einzelnen Boden-Constituenten zu einander stehen.

Die Boden-Untersuchung oder Boden-Analyse bezweckt dementsprechend:

1. Die Ermittelung der Menge der einzelnen Haupt-Boden-Constituenten (Sand, Thon, kohlensaure Erden, Humus).
2. Die Ermittelung der vorhandenen Pflanzennährstoffe und die Feststellung der Menge derselben.

3. Die Ermittelung gewisser, die Boden-Nutzung wesentlich bedingender physikalischer Eigenschaften, so der Absorptionsfähigkeit, d. h. derjenigen Eigenschaft der Ackererde, Pflanzennährstoffe, wenn sie in wässeriger Lösung vorhanden, aus dieser abzuscheiden, sie in eine unlösliche Form überzuführen, festzuhalten oder zu absorbiren, so der wasserhaltenden Kraft oder Wasser-Capacität, der wasseranziehenden Kraft oder Capillar-Anziehung etc.
4. Die Ermittelung der geognostischen Verhältnisse, der Entstehungsweise des Bodens, der Lagerung und der Mächtigkeit der einzelnen Bodenschichten etc.

Die vorliegende „Anleitung“ berücksichtigt nur die unter 1. und 2. aufgeführten Punkte und vermag von den unter 3. fallenden physikalischen Eigenschaften des Bodens nur einige in beschränktem Maasse zu streifen.

Die weitaus meisten der letztgedachten und die Berücksichtigung der geognostischen Boden-Verhältnisse dagegen müssen sich der Betrachtung an dieser Stelle entziehen und eingehenden Lehrbüchern[1]) und Studien überlassen bleiben.

Die gegebenen Vorschriften gelten nur für die Untersuchung der Mineralböden; von der Beschreibung der zum Theil abweichenden Untersuchungs-Methoden der Moorböden ist aus bestimmten Gründen Abstand genommen.

II. Entnahme und Vorbereitung der Boden-Proben.

Eine Boden-Untersuchung wird fast immer den Zweck haben, Aufschluss über gewisse Eigenschaften einer grösseren Bodenfläche zu geben, deren Zusammensetzung und Beschaffenheit, wenn auch im Allgemeinen eine bestimmte Gleichartigkeit erkennbar ist, naturgemäss doch stets gewissen Schwankungen, je nach der Oertlichkeit, unterstellt sein wird.

Man entnimmt daher, um solche Unterschiede auszugleichen, Proben, je nach der Grösse der betreffenden Fläche, von 5, 10, 15, 20 oder mehr verschiedenen, in gleichen Abständen von einander belegenen Stellen, hebt an jeder Stelle eine angemessene Vertiefung aus, hält deren eine Wand senkrecht und sticht von dieser, sobald Pflugtiefe erreicht ist, mit dem Spaten von oben nach unten einen senkrechten, gleichmässig starken,

---

[1]) König, die Untersuchung landwirthschaftlich wichtiger Stoffe. Berlin 1891. Fesca, die agron. Bodenuntersuchung. Berlin 1879.

etwa 3 cm dicken Abstich herunter, welcher unter thunlichster Vermeidung von Verlusten durch Abbröckeln und Verschütten, auf ein Laken gebracht wird. Hier zerkleinert man die Erdmasse einigermaassen, liest alle Wurzel-Theile und sonstige zufällige oder ungehörige Bestandtheile aus, mischt und füllt die Probe in ein angemessen grosses Leinwandsäckchen, welches gleichzeitig einen Zettel aufnimmt, auf dem Nummer und sonstige Nachweise kurz bemerkt sind.

Ist die Untersuchung auch des Untergrundes erforderlich, so geht man in gleicher Weise tiefer, bis zu 60 cm bezw. 90 cm Tiefe; Bodenproben aus noch grösserer Tiefe werden am zweckmässigsten mit einem sogenannten Erdbohrer genommen.

Wenn man, wie gewöhnlich, von der gesonderten Untersuchung einer jeden Einzelprobe absehen darf, so stellt man demnächst eine Durchschnitts-Probe her, indem man die auf dem Laken zusammengeworfenen Einzelproben so lange durcheinander mischt, bis vollständige Gleichartigkeit erzielt ist.

Zur Analyse selbst wird alsdann eine Menge von etwa 5 kg Boden dem Laboratorium zugeführt.

Diese Durchschnittsprobe lässt man zunächst an einem staubgeschützten Orte, in dünne Schicht ausgebreitet, im Sommer bei gewöhnlicher Temperatur, im Winter in einem geheizten Raume, oder in einem auf 30 bis 40° C. erwärmten Trockenschranke (Fig. 62 der „Anleitung“) [1]) austrocknen und erhält so die zu allen Bestimmungen weiter verwendete „lufttrockene Substanz“. Man bestimmt ihr Gesammtgewicht, liest sodann die etwa vorhandenen Steine und Steinchen aus, reinigt dieselben durch Abwaschen von anhängender Erde, trocknet sie im Trockenschrank und stellt durch Wägung fest, welchen Antheil vom Gesammtgewicht der Probe sie ausmachen. Man versucht ihre mineralogische Beschaffenheit zu bestimmen und notirt die ungefähre Grösse (Faustgrösse, Wallnussgrösse, Haselnussgrösse, Erbsengrösse).

Die steinfreie, lufttrockene Probe wird alsdann in einem gutverschlossenen Glasgefässe aufbewahrt, sie dient als Ausgangs-Material für alle weiter unten aufgeführten Einzel-Untersuchungen.

Bei der Probenahme auf dem Acker sind thunlichst eingehende Nachrichten zu sammeln, über den geognostischen Ursprung des Bodens, über die Tiefe der Ackerkrume und die physikalische Beschaffenheit derselben und des zunächst anstehenden Untergrundes, über die stattgehabte Bestellung, Fruchtfolge und Düngung, über den Culturzustand und die Lage der betreffenden Bodenfläche und über die meteorologischen und klimatischen Verhältnisse der ganzen Oertlichkeit.

---

[1]) Frühling u. Schulz, „Anleitung“. 4. Aufl. Braunschweig, Fr. Vieweg und Sohn, 1891.

III. Mechanische Untersuchung.

Die mechanische Untersuchung des Bodens, die Trennung in gröbere, feine und feinste Antheile wird nach den neueren, darüber getroffenen Vereinbarungen[1]) durch Siebe von genau bemessener Lochung und Maschenweite bewirkt.

Man benutzt:

Nr. I. Ein Messingblech-Sieb mit gebohrten Löchern von je 3 mm Durchmesser.

Nr. II. Ein Messingblech-Sieb mit gebohrten Löchern von je 2 mm Durchmesser.

Nr. III. Ein Messingblech-Sieb mit gebohrten Löchern von je 1 mm Durchmesser.

Nr. IV. Ein Messingdraht-Sieb mit einer Maschenweite, seitlich gemessen: 0,35 bis 0,39 mm, diagonal gemessen: 0,45 bis 0,5 mm.

Nr. V. Ein Messingdraht-Sieb mit einer Maschenweite, seitlich gemessen: 0,14 bis 0,17 mm, diagonal gemessen: 0,22 bis 0,24 mm.

Nr. VI. Ein Flor-Sieb mit einer Maschenweite seitlich gemessen: 0,09 mm, diagonal gemessen: 0,11 mm.

Beim Gebrauch derselben verfährt man folgendermaassen:

Auf einer guten Tarirwage wägt man in einem passenden Gefässe, einem Glase oder einer Schale, 500 g des lufttrockenen Bodens ab, bringt denselben ohne Verlust in eine flache Porzellanschale, fügt etwa 1 Liter Wasser hinzu, mischt mit einem starken Glasstabe gut durch und erwärmt den Schalen-Gehalt zwei Stunden lang, unter häufigem Umrühren, auf dem Wasserbade. Der Boden wird hierdurch so vollständig durchweicht und zertheilt, dass er nun mit Hülfe eines starken Pinsels durch die Siebe gewaschen werden kann.

Man hält oder setzt zu diesem Behufe das Sieb Nr. IV in eine mit etwas Wasser gefüllte, geräumige Schale, giesst zunächst den grössten Theil des Wassers, mit welchem man den Boden aufweichte, durch das Sieb und bringt sodann nach und nach auch den aufgeweichten Boden selbst mit einem Spatel, zuletzt mit Hülfe einer Spritzflasche[2]), in das Sieb hinein. Man taucht dasselbe so weit ein, dass seine Siebfläche

---

[1]) Landwirthschaftl. Versuchsstationen, Bd. 38, S. 290 u. f.

[2]) Man benutzt am zweckmässigsten dazu eine Heberspritzflasche, Fig. 51, S. 90 der „Anleitung".

einige Centimeter tief unter Wasser befindlich, worauf man mit einem flachen, mässig steifen Borsten-Pinsel den Boden zerrührt und durch die Sieböffnungen hindurchwäscht.

Wenn der auf dem Siebe verbleibende Rest sich sichtlich nicht weiter verringert und frisch aufgegossenes Wasser nur noch wenig getrübt ablaufen lässt, spült man den „Siebrückstand“ in eine kleinere Porzellanschale zusammen, giesst nach dem Absitzen das Wasser thunlichst ab und trocknet ihn auf dem Wasserbade. Nach zwei- bis dreistündigem Stehen an freier Luft wird er alsdann „lufttrocken“ gewogen.

Das durch Nr. IV hindurchgewaschene „Siebproduct“, der gesammte Inhalt also der Schale, in welcher man die Durchwaschung vornahm, wird nunmehr portionsweise unter gelegentlichem Abgiessen, Aufrühren und schliesslichem Nachspülen mittelst der Spritzflasche, in das Sieb Nr. V gebracht und wie oben behandelt; das hierbei erhaltene Siebproduct endlich in gleicher Weise mittelst des Pinsels vorsichtig durch das Sieb Nr. VI gewaschen.

Die in Nr. V und VI verbleibenden Sieb-Rückstände werden, jeder für sich, zusammengespült, getrocknet und, wie bei dem Rückstand in Nr. IV angegeben, „lufttrocken“ gewogen. Der Siebrückstand von Nr. IV wird sodann durch trockenes Absieben mittelst der Siebe III, II und I in diejenigen Antheile gesondert, welche der Lochung dieser Siebe (je 1, 2 und 3 mm) entsprechen. Auch diese Antheile werden gewogen.

Das durch das Florsieb Nr. VI gewaschene Siebproduct, welches, wie ersichtlich, die feinsten Boden-Antheile ausmacht, wird entweder mit den Waschwässern zusammen in einer Schale auf dem Wasserbade eingetrocknet und, nach mehrstündigem Stehen an freier Luft, gewogen oder man bestimmt sein Gewicht durch einfache Verlustrechnung. Dasselbe ist natürlich gleich dem Gewichte des ursprünglich verwendeten Bodens (500 g) abzüglich der Summe der Gewichte sämmtlicher Siebrückstände. Beabsichtigt man den ersteren Weg einzuschlagen, so hat man den Wasser-Zusatz beim Durchwaschen möglichst zu beschränken, um nicht zu grosse Mengen Wasser verdampfen zu müssen. Bei sachgemässer Ausführung wird man mit 1,5 bis höchstens 2 Liter, einschliesslich des zum Aufweichen benutzten Wassers, ausreichen.

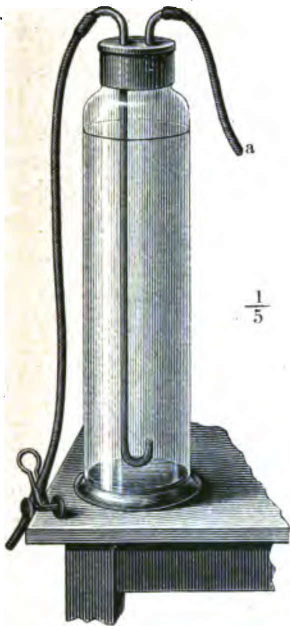
Man ist übereingekommen, diejenigen Boden-Antheile, welche auf dem Siebe Nr. I (3 mm Lochgrösse) zurückbleiben, noch den anfänglich ausgelesenen „Steinen“ (s. oben S. 4) hinzuzurechnen oder falls sich nichts auszulesen fand, diesen Siebrückstand als „Steine“ zu bezeichnen, alles Uebrige aber, welches also feinkörniger ist, wie 3 mm, unter der Bezeichnung: „**Feinboden**“ zusammenzufassen. Es wird also durch das Sieb Nr. I die Bodenprobe in „Steine“ und „Feinboden“ geschieden.

Der „Feinboden" ist durch das oben beschriebene Absieben und Durchwaschen in nachstehende Antheile zerlegt:

Steinkies: Rückstand im Siebe Nr. II.
Grobkies: Rückstand im Siebe Nr. III.
Feinkies: Rückstand im Siebe Nr. IV.
Grobsand: Rückstand im Siebe Nr. V.
Feinsand: Rückstand im Siebe Nr. VI.
Staub: Product vom Siebe Nr. VI.

Erscheint es wünschenswerth, dieses letzte Product, den „Staub", noch weiter zu zerlegen, so benutzt man nach Wagner's Vorschlag [1]) den von ihm abgeänderten Kühn'schen Schlämmcylinder, Fig. 1.

Fig. 1.



Derselbe hat eine Weite von 8 cm, eine Höhe von 30 cm, fasst bis zu einer oben angebrachten Marke 1 Liter Flüssigkeit und besitzt eine abnehmbare, aus Messingröhren hergestellte Heber-Vorrichtung.

Man bringt 50 g des lufttrockenen „Staubes" in den Cylinder, füllt bis zur Marke mit Wasser, schliesst den Cylinder mit der Handfläche oder einem passenden Gummistopfen, schüttelt tüchtig durch und lässt 30 Minuten absitzen. Alsdann führt man das Heberrohr ein und bringt durch Anblasen bei *a* das Wasser zum Abfliessen in eine untergestellte Flasche, deren Inhalt sodann entfernt werden kann. Das Füllen des Cylinders mit frischen Wassermengen, das Schütteln und Abheben wiederholt man in gleicher Weise so oft, bis die ablaufende Flüssigkeit fast klar erscheint. Der dann noch im Cylinder verbleibende Rückstand wird in eine Schale gespült, auf dem Wasserbade getrocknet und lufttrocken gewogen.

Man bezeichnet diesen Antheil des Bodens als „Staubsand", den abgeschlämmten, aus dem Gewichtsverlust zu bestimmenden Antheil als „Thon".

Beispiel. 500 g lufttrockener Boden von einer ebenen und gleichmässig belegenen Ackerfläche sind in vorstehender Weise behandelt worden.

Gröbere Steine waren nicht auszulesen, so dass sofort mit dem Einweichen des Bodens und sodann mit der Behandlung im Siebe Nr. IV vorgegangen werden konnte. Die Wägung des in diesem Siebe ver-

[1]) Landwirthschaftl. Versuchsstationen, Bd. 38, S. 292.

bliebenen, lufttrockenen Rückstandes ergab 51,55 g. Bei der weiteren Trennung dieses Antheiles durch trockenes Absieben verblieben:

Im Siebe Nr. I	„Steine“	} 51,55 {	2,00 g
„ „ „ II	„Steinkies“		2,41 „
„ „ „ III	„Grobkies“		5,20 „
„ „ „ IV (Rest)	„Feinkies“		41,94 „

Nach dem Durchwaschen dessen, was vom Siebe IV kam, durch Sieb Nr. V verblieben:

im Siebe Nr. V (lufttrocken)	„Grobsand“	121,94 „
endlich im Florsiebe Nr. VI	„Feinsand“	66,13 „
mithin an „Staub“ (Gewichtsverlust von 500 g abgewogener Substanz)		260,38 „
		500,00 g

Der „Staub“ nebst dem gesammten Waschwasser wurde zur Trockne verdampft, worauf 50 g des lufttrockenen Rückstandes im Schlämmcylinder behandelt worden sind. Nach zehnmaligem Abheben blieb die Flüssigkeit „fast klar“; das Gewicht des lufttrockenen „Staubsandes“

betrug	40,4 g
mithin Gewichts-Verlust = „Thon“	9,6 „
	50,0 g

wonach die oben gefundene Gewichtsmenge „Staub“ = 260,38 g sich zusammensetzt aus

210,38 g Staubsand,
50,00 „ Thon,
260,38 g.

Die Zusammensetzung des lufttrockenen Bodens berechnet sich danach in Procenten nach dem Ansatz:

$$500 : 2{,}00 = 100 : x$$

$$x = 0{,}40 \text{ Proc. „Steine“},$$

wie folgt:

Steine	. . . .	0,40	Proc.
Feinboden	Steinkies	0,48	„
	Grobkies	1,04	„
	Feinkies	8,39	„
	Grobsand	24,39	„
	Feinsand	13,23	„
	Staubsand	42,07	„
	Thon	10,00	„
		100,00	Proc.

IV. Chemische Untersuchung.

Zu der chemischen Untersuchung dient stets der durch trockenes Absieben mittelst des Siebes Nr. I (3 mm) erhaltene **Feinboden und zwar im lufttrockenen Zustande.**

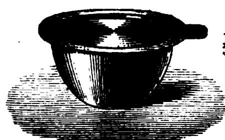
Man ermittelt den Gehalt an Feuchtigkeit, den Glühverlust, den Gehalt an Kohlensäure (kohlensauren Kalk und kohlensaures Magnesium), den Stickstoff- und den Humus-Gehalt und stellt sodann durch Behandlung des Bodens mittelst Säuren einen „Auszug" oder „Extract" dar, in welchem an Pflanzennährstoffen: Kalk, Magnesia, Kali, Natron, Eisenoxyd und Thonerde, Phosphorsäure und Schwefelsäure ermittelt werden.

Bei der schliesslichen Berechnung und Zusammenstellung der Untersuchungs-Ergebnisse sind sodann alle Angaben auf bei 100 bis 105° C. getrockneten Boden umzurechnen.

A. Bestimmung der Feuchtigkeit.

10,0 g lufttrockener Boden werden im Messingschälchen (Fig. 2) abgewogen und im Trockenschranke bei einer Temperatur von 100 bis 105° C. bis zur Gewichtsbeständigkeit getrocknet[1]. Der Gewichts-Verlust ist das verflüchtigte hygroskopische Wasser.

Fig. 2.



$\frac{1}{3}$.

Beispiel. Schälchen mit 10,0 g Boden vor dem Trocknen	32,050 g
Schälchen mit 10,0 g Boden nach dem Trocknen	31,918 „
Gewichtsverlust = Feuchtigkeit . .	0,132 g.

$$10{,}0 : 0{,}132 = 100 : x$$
$$x = 1{,}32 \text{ Proc. Wasser.}$$

Zur demnächstigen Umrechnung der analytischen Zahlen auf wasserfreien Boden dient somit die Zahl 100 — 1,32 = 98,68.

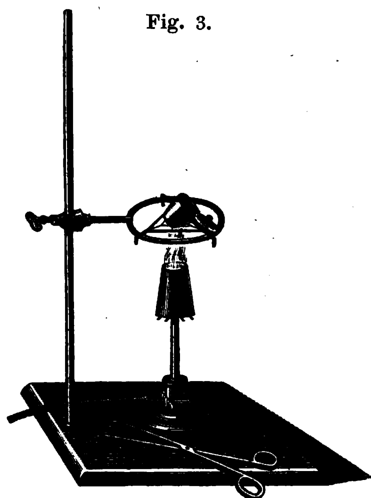
B. Bestimmung des Glühverlustes.

Durch stärkeres Erhitzen — Glühen — des Bodens verflüchtigt sich mit der hygroskopischen Feuchtigkeit auch dasjenige Wasser, welches in chemischer Verbindung als Hydrat- und Krystallwasser vorhanden ist, es werden Salpetersäure- und Ammoniakverbindungen zer-

---

[1] Vergl. „Anleitung", S. 99 u. f., sowie auch die Anmerkung unter S. 197.

setzt und die organischen Stoffe, die Humus-Substanzen unter eintretender Schwärzung des Bodens zunächst verkohlt, bei längerem Erhitzen vollständig verbrannt. Die dabei eintretende Gewichts-Verminderung nennt man den „Glühverlust"; wie ersichtlich, giebt die betreffende Zahl einen gewissen Anhalt zur Schätzung der Menge der Humussubstanz.


Fig. 3.

Da bei dem Glühen auch die Kohlensäure der vorhandenen Carbonate ganz oder theilweise ausgetrieben wird, so behandelt man den Glührückstand vor der Schluss-Wägung wiederholt mit einer Lösung von kohlensaurem Ammonium („Anleitung", S. 214).

Man verwendet 10,0 g Boden, trocknet zunächst bei 140° C. und glüht bei schräg gelegtem Tiegel (Fig. 3) sehr schwach und so lange, bis bei vorsichtigem Umrühren mit einem Platindraht keine geschwärzten Antheile mehr erkennbar. Die Durchfeuchtung mit Ammonium-Carbonat-Lösung darf erst nach völligem Erkalten geschehen. Von dem schliesslich erhaltenen Zahlenwerthe wird die unter A. ermittelte Feuchtigkeits-Menge in Abzug gebracht.

Beispiel. 10,0 g lufttrockener Boden sind geglüht und demnächst zweimal mit Ammonium-Carbonat-Lösung behandelt worden:

Platintiegel mit 10,0 g Boden vor dem Glühen	32,478 g
„ „ „ „ nach „ „	32,065 „
Erste Wägung = 32,063, zweite Wägung = Gesammt-Verlust	0,413 g

$$10{,}0 : 0{,}413 = 100 : x$$

$$x = 4{,}13 \text{ Proc.}$$

Nach Abzug von . . 1,32 „ Feuchtigkeit

bleiben für lufttrockene Substanz: 2,81 Proc. Glüh-Verlust, mithin nach dem Ansatz:

$$98{,}68 : 2{,}810 = 100 : x$$

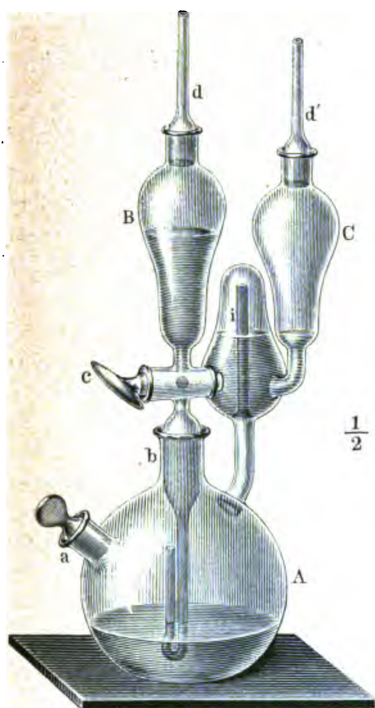
$x = 2{,}848$ Proc. Glüh-Verlust in wasserfreiem Boden.

C. Bestimmung der Kohlensäure bezw. der kohlensauren Erden.

Uebergiesst man eine Boden-Probe mit etwas verdünnter Salzsäure, so beobachtet man in den meisten Fällen ein Aufbrausen, eine Entwickelung von Kohlensäure-Gas. Das in solchem Falle zer-

setzte Carbonat ist fast stets oder zum grössten Theile kohlensaures Calcium, während kohlensaures Magnesium gewöhnlich nur in untergeordnetem Maasse auftritt. Die grössere oder geringere Stärke des Aufbrausens lässt auf die Menge der vorhandenen Carbonate schliessen und bietet damit einen Anhalt bei Bemessung des zur Analyse abzuwägenden Boden-Antheils.

Fig. 4.



Ist der Kohlensäure-Gehalt des Bodens sehr gering, und liegt kein Anlass vor, auf Vorhandensein von kohlensaurem Magnesium Rücksicht zu nehmen, so ermittelt man die Menge der **Kohlensäure** nach a) und rechnet deren Betrag auf kohlensaures Calcium um; ist dagegen die Bestimmung auch des Magnesium-Carbonats geboten, so ist nach b) zu verfahren.

a) Bestimmung der Kohlensäure.

Man benutzt dazu den verbesserten Geissler'schen Apparat (Fig. 4), dessen Beschreibung sich in der „Anleitung", S. 214, vorfindet und verfährt genau nach den dort, sowie S. 240 („Kalkstein") gegebenen Vorschriften.

Der schliesslich ermittelte Gewichtsverlust entspricht der Menge der ausgetriebenen Kohlensäure; der Betrag derselben, mit dem Factor 2,2730 multiplicirt, lässt den Gehalt an kohlensaurem Calcium finden.

Je nach der zu erwartenden Menge desselben verwendet man 2,0 bis 10,0 g lufttrockenen Boden.

Beispiel.	Es wog A mit Boden	64,3700 g
	„ „ „ leer.	55,3700 „
	Boden	9,0000 g

Gewicht des Apparates vor der Entwickelung . . .	82,4330 g
„ „ „ nach „ „ . . .	82,3024 „
mithin Gewichtsverlust = Kohlensäure . . .	0,1306 g

$$9{,}0 : 0{,}1306 = 100 : x,$$

$$x = 1{,}451 \text{ Proc. Kohlensäure},$$

entsprechend 1,451 × 2,2730 = 3,298 Proc. kohlensaurem Calcium in lufttrockenem Boden, oder (98,68 : 1,451 = 100 : x) in wasserfreiem Boden:

1,470 Proc. Kohlensäure,

entsprechend:

3,341 Proc. kohlensaures Calcium.

b) Bestimmung des kohlensauren Calciums neben kohlensaurem Magnesium.

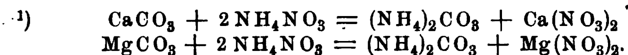
Erwärmt man die in Wasser unlöslichen Kohlensäure-Salze des Calciums und des Magnesiums längere Zeit mit einer concentrirten Lösung von salpetersaurem Ammonium, so setzen sich diese drei Verbindungen derart um, dass einerseits kohlensaures Ammonium entsteht, welches beim Kochen sich allmählich verflüchtigt, andererseits salpetersaures Calcium und salpetersaures Magnesium, welche in Lösung gehen [1]. Auf dieser Reaction beruht das nachstehend beschriebene Verfahren.

Von dem lufttrockenen Boden werden 4 bis 6 g in einer Reibschale zu einem unfühlbaren Pulver zerrieben und genau 2,50 g desselben in einer Porzellanschale [2]) mittelst einer Pipette mit 25 ccm einer concentrirten Lösung von salpetersaurem Ammonium übergossen [3]). Man mischt mit einem kleinen Glasstabe, den man in der Schale belassen kann, bedeckt dieselbe mit einem genügend überstehenden Uhrglase und kocht eine halbe Stunde lang auf kleiner Flamme. Die Schale steht dabei am zweckmässigsten auf einer Asbest-Platte mit einem runden Ausschnitt von 6 cm Durchmesser, das verdunstete Wasser wird durch vorsichtiges Hinzufügen von heissem Wasser thunlichst ergänzt.

Man entfernt dann die Flamme, lässt absitzen und giesst die heisse Lösung, indem man den Rückstand so viel wie möglich in der Schale belässt, vorsichtig am Glasstabe in einen 250-ccm-Kolben ab, fügt abermals 25 ccm Ammoniumnitrat-Lösung hinzu, kocht wieder eine halbe Stunde, giesst ebenfalls in den Kolben ab und wiederholt diese Auskochung ein drittes Mal, worauf nunmehr der gesammte Rückstand verlustlos und unter sorgfältigem Nachspülen der Schale und des Uhrglases in dem Kolben vereinigt wird.

Nach dem Erkalten setzt man 10 bis 15 ccm eines dünnen Breies von Thonerdehydrat [4]) hinzu, füllt mit Wasser bis zur Marke, mischt und filtrirt durch ein trockenes Faltenfilter in ein trockenes Glas. Die feinen Boden-Theilchen werden durch das Thonerdehydrat vollkommen

---



1) $CaCO_3 + 2 NH_4NO_3 = (NH_4)_2CO_3 + Ca(NO_3)_2$
$MgCO_3 + 2 NH_4NO_3 = (NH_4)_2CO_3 + Mg(NO_3)_2$.

2) Berliner Porzellan Nr. IV, halbtief, mit Ausguss.

3) 20 g Salz auf je 20 ccm Wasser. Das Salz hat eine sehr grosse Löslichkeit, 1 Thl. desselben löst sich schon in 0,5 Thln. Wasser.

4) „Anleitung“, S. 391.

zurückgehalten, so dass man schon von dem ersten Tropfen an ein ganz klares Filtrat erhält.

200 ccm des Filtrats = 2,0 g lufttrockenem Boden werden in ein Becherglas abgemessen, mit etwas Essigsäure angesäuert, zum Sieden erhitzt und mit einer Lösung von oxalsaurem Ammon versetzt, — tropfenweise, so lange als noch ein Niederschlag sich bildet.

Das gefällte oxalsaure Calcium wird genau nach „Anleitung", S. 217, behandelt, bei reichlichem Vorhandensein auf einem gewogenen Filter gesammelt und als oxalsaures Salz gewogen, bei geringer Menge nach dem Glühen als Calciumoxyd bestimmt.

Das mit den Waschwässern vereinigte Filtrat vom oxalsauren Calcium, zu dessen Auffangen man ein reichlich grosses Becherglas benutzen muss, versetzt man mit $^1/_3$ seines Volumens Ammoniak, fügt etwas Natriumphosphat-Lösung hinzu, mischt tüchtig mit dem Glasstabe, bedeckt mit einem Uhrglase und lässt 12 bis 24 Stunden stehen. Die vorhandene Menge Magnesia hat sich nach dieser Zeit als phosphorsaures Ammon-Magnesium ausgeschieden; die weitere Behandlung dieses Niederschlages erfolgt nach den Vorschriften der „Anleitung", S. 218.

Beispiel. 2,50 g Boden sind ausgekocht, die Auszüge auf 250 ccm gebracht, vom Filtrat 200 ccm (= 2,0 g Boden) wie vorstehend gefällt. Der Kalk-Niederschlag ist als Calciumoxyd gewogen worden.

Platintiegel mit Niederschlag	20,1533 g
„ leer	20,1230 „
Tiegel-Inhalt	0,0303 g
abzüglich Filterasche	0,0030 „
Calciumoxyd . . .	0,0273 g

Der Factor zur Umrechnung desselben in kohlensaures Calcium ist 1,7856.

$$0{,}0273 \times 1{,}7856 = 0{,}04875,$$

$$2{,}0\text{ g Boden} : 0{,}04875 = 100 : x,$$

x = 2,440 Proc. kohlensaures Calcium in lufttrockenem,
oder = 2,473 „ „ „ in wasserfreiem Boden.

Das Filtrat gab nach dem Fällen und Glühen des Niederschlages = 0,0190 g pyrophosphorsaures Magnesium.

Der Factor zur Umrechnung in kohlensaures Magnesium ist 0,7565.

$$0{,}0190 \times 0{,}7565 = 0{,}01437,$$

$$2{,}0\text{ g Boden} : 0{,}01437 = 100 : x,$$

x = 0,719 Proc. kohlens. Magnesium in lufttrockenem,
oder = 0,729 „ „ „ in wasserfreiem Boden.

Nach dem Ausfall dieser Bestimmungen wäre es also nicht zulässig gewesen, den gesammten Kohlensäure-Gehalt, wie unter a) geschehen, auf kohlensaures Calcium umzurechnen. Es war vielmehr nach b) zu untersuchen und auch auf das Magnesiumsalz Rücksicht zu nehmen.

Das Vorhandensein leicht löslicher Magnesiumsalze (Chlormagnesium, schwefelsaures Magnesium) ist der Vegetation schädlich, selbst kohlensaures Magnesium wirkt nachtheilig, wenn seine Menge diejenige des gleichzeitig vorhandenen kohlensauren Calciums überwiegt[1]).

D. Bestimmung des Stickstoffs.

Der Stickstoff-Gehalt des Bodens kann in drei verschiedenen Formen vorhanden sein, als Ammoniak, als Salpetersäure und in organischer Verbindung.

Man bestimmt zunächst den Gesammt-Stickstoffgehalt nach a), sodann, nach Erfordern, Ammoniak und Salpetersäure nach b) und c).

a) Bestimmung des Gesammt-Stickstoffs.

Man wendet hier am sichersten das Verfahren von Kjeldahl-Jodlbauer[2]) an, da dieses allein volle Gewähr bietet, dass sich etwa vorhandene Salpetersäure der Bestimmung nicht entzieht und verfährt genau nach den S. 323 u. 336 der „Anleitung" gegebenen Vorschriften. 5,0 g lufttrockener Boden werden mit 30 ccm Phenolschwefelsäure („Anleitung" S. 389) übergossen. Man wendet Kolben von 350 ccm Raum-Inhalt an und erhitzt, nach dem Zusatze von Zinkstaub und Quecksilber, ganz langsam und vorsichtig und unter stetem Umschwenken des Inhalts. Derselbe neigt sehr zum Ueberschäumen, man thut daher wohl, gleich zu Anfang ein Stückchen Paraffin (etwa 0,1 g) hinzuzufügen. Gelingt es bei fernerem Verlaufe der Operation nicht, die den oberen Theilen des Kolbens anhaftenden, gefärbten Antheile der Flüssigkeit durch die sich wieder verdichtenden Dämpfe der kochenden Säure hinabzuspülen, so muss man durch einen sparsamen, tropfenweisen Zusatz frischer, concentrirter Schwefelsäure nachhelfen, bis der gesammte Kolben-Inhalt endlich völlig farblos geworden.

Nach dem Erkalten, während dessen man häufig umschwenkt, um ein anderenfalls leicht erfolgendes, sehr lästiges Anhaften und Festsetzen des Inhalts zu vermeiden, verdünnt man vorsichtig und unter stetem Bewegen, mit Wasser, lässt den vorhandenen Sand sich absetzen, giesst behutsam die darüber stehende Flüssigkeit in den Destillations-Kolben *A*, Fig. 5, ab und wiederholt dies mit geringen Mengen Wasser so lange, bis man sicher ist, den rückständigen Sand vollständig ausgewaschen zu haben. Der gesammte Wasserzusatz darf etwa 100 bis 150 ccm betragen.

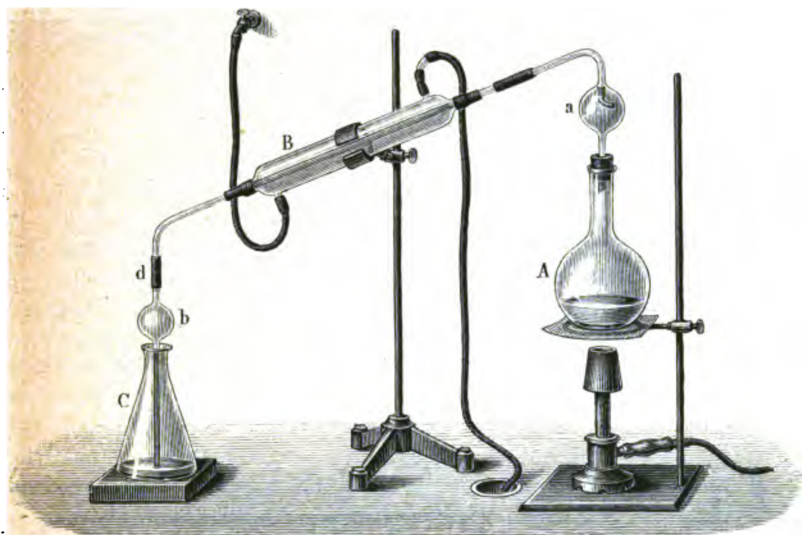
---

1) König, S. 73. 2) „Anleitung" S. 318.

Die demnächstige Destillation, Titration und Berechnung erfolgt genau nach S. 325 der „Anleitung“.

Beispiel. 5,0 g Boden sind verbrannt, wozu 30 ccm Phenolschwefelsäure, ein Tropfen Quecksilber, 2,5 g Zinkstaub. Die Vorlage

Fig. 5.



erhielt 20,0 ccm Normalschwefelsäure (= 0,28020 g Stickstoff), die Aetzbarytlösung war derartig gestellt, dass 1,0 ccm = 0,002799 g Stickstoff entsprach. Beim Zurücktitriren wurden 95,0 ccm Barytlösung gebraucht, mithin 95,0 × 0,002799 = 0,26590 g Stickstoff.

20,0 ccm Normalschwefelsäure	=	0,28020 g Stickstoff
95,0 „ Aetzbarytlösung	=	0,26590 „ „
5,0 g Boden	=	0,01430 g Stickstoff

$$5{,}0 : 0{,}01430 = 100 : x.$$

x = 0,286 g Gesammt-Stickstoff im lufttrockenen, oder
0,288 „ „ in wasserfreiem Boden.

b) Bestimmung des Ammoniaks.

Der Ammoniakgehalt des Bodens pflegt meistens ein sehr geringer zu sein, bei seiner Bestimmung ist zu berücksichtigen, dass die stickstoffhaltigen, organischen Stoffe des Bodens bei der Behandlung mit stark alkalischen Flüssigkeiten, durch welche man bereits vorhandenes Ammoniak sonst auszutreiben pflegt, leicht unter Ammoniak-Entwickelung sich zersetzen und somit zu hohe Zahlen finden lassen.

Nachstehende Methode giebt, nach König, selbst bei humusreichen Böden, völlig zuverlässige Resultate:

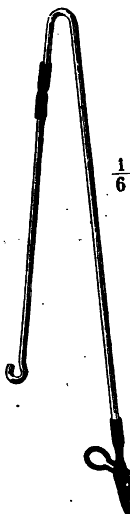
In einen gewogenen, trockenen Erlenmeyer'schen Becherkolben von 500 bis 600 ccm Rauminhalt bringt man so viel lufttrockenen Boden, als 100,00 g wasserfreien Bodens entspricht. Ist also beispielsweise nach S. 9 der Feuchtigkeits-Gehalt des lufttrockenen Bodens zu 1,32 Proc. ermittelt worden, so würden 100,0 g desselben 98,68 g wasserfreien Boden enthalten und zu obiger Bestimmung, nach dem Ansatz:

$$98{,}68 : 100 = 100 : x; \quad x = \mathbf{101{,}33}\,\mathrm{g}$$

lufttrockener Boden abzuwägen sein.

Man bringt diese Menge mit Hülfe eines Neusilbertrichters in den Becherkolben, fügt 50 ccm verdünnte, reine Salzsäure (1 Raumtheil concentrirte Salzsäure und 4 Raumtheile Wasser) hinzu, mischt durch Umschwenken vollständig und prüft, indem man mit einem Glasstabe ein ganz kleines Theilchen des Kolbeninhalts auf blaues Lackmuspapier bringt, ob derselbe stark sauer. Sind reichliche Mengen kohlensaurer Salze vorhanden, so kann es geschehen, dass die Salzsäure vollständig gebunden wird, man setzt dann nochmals 50 ccm verdünnte Säure zu und prüft nach hinreichendem Mischen aufs Neue. Die Reaction muss eine stark saure sein und bleiben. Nun fügt man frisch ausgekochtes, wieder erkaltetes Wasser hinzu, bis man im Ganzen etwa 400 ccm Flüssigkeit im Kolben hat, mischt und lässt ruhig stehen, bis die über dem Bodensatze befindliche Flüssigkeit sich geklärt hat. Sie enthält nunmehr alles in der angewandten Boden-Menge vorhanden gewesene Ammoniak in Lösung.

Fig. 6.



Man bestimmt das Gesammtgewicht des Kolbens und zieht darauf mittelst eines Hebers den grössten Theil der klaren Flüssigkeit in einen Destillations-Kolben (*A*, Fig. 5, a. v. S.) ab.

Man benutzt dazu einen aus dünnem Glasrohr gebogenen Heber, dessen längerer Schenkel ein kurzes Stückchen Gummischlauch mit Quetschhahn trägt, während das Ende des kürzeren Schenkels nach aufwärts gebogen ist, Fig. 6. Man senkt denselben, mit Wasser gefüllt, vorsichtig bis dicht über den Bodensatz ein, öffnet den Quetschhahn, lässt ablaufen und spült demnächst die dem Heber innen und aussen anhängenden Antheile der Flüssigkeit mittelst der Spritzflasche in den Destillations-Kolben ab. Durch Wiederwägung des den Bodensatz enthaltenden Kolbens erfährt man die Menge der abgezogenen Flüssigkeit, welche ohne Weiteres zur Ammoniakbestimmung verwandt wird.

Man benutzt auch hier den Apparat Fig. 5 und beschickt die Vorlage *C* mit 20 ccm Normalschwefelsäure. Die Austreibung des Ammoniaks

erfolgt indessen aus den oben angegebenen Gründen nicht, wie bei anderen Gelegenheiten, durch Kochen mit starker Natronlauge, sondern durch Zusatz von Magnesiumoxyd, sogenannter gebrannter Magnesia, deren Wirkung auf organische Stoffe weniger kräftig ist, wie die der Alkali-Laugen.

Man wägt auf je 50 ccm verdünnter Salzsäure, welche man zu dem Boden-Auszuge verwandte, etwa 4,0 bis 5,0 g frisch ausgeglühte gebrannte Magnesia ab, reibt die benöthigte Menge in einer kleinen, mit Ausguss versehenen Reibschale mit 80 bis 100 ccm Wasser zu einem dünnflüssigen Brei an und giesst denselben schnell in den Destillationskolben, welcher ohne Verzug mit dem Kühler des fertig gestellten Apparats verbunden wird [1]).

Die weitere Behandlung bei Destillation u. s. w. erfolgt, wie bei a) angegeben.

Es bleibt schliesslich noch übrig, festzustellen, wie viel Flüssigkeit überhaupt anfänglich in dem Extractionskolben vorhanden war, um danach das Boden-Quantum berechnen zu können, welches dem zur Destillation gebrachten Antheile jener Flüssigkeit entsprach. Zu diesem Zwecke bringt man den ungelösten Rückstand verlustlos auf ein genügend grosses (etwa 18 cm im Durchmesser haltendes), vorher bei 110° C. getrocknetes Filter [2]), wäschst vollständig aus, trocknet bei 110° C. und wägt. Nach Abzug des Gewichtes des Filter-Inhaltes von dem des gesammten Kolben-Inhaltes verbleibt das Gewicht der Flüssigkeit, welche den Auszug aus 100,0 g wasserfreien Bodens darstellt.

Beispiel. In einem Becherkolben, welcher leer und trocken 147,2 g wog, sind 101,33 g lufttrockener Boden mit 50 ccm verdünnter Salzsäure und 350 ccm Wasser, wie oben, behandelt worden.

Kolben mit Inhalt wog darauf	645,6 g
nach dem Abheben des Auszuges . . .	342,3 „
so dass für die Destillation	303,3 g

Flüssigkeit abgezogen worden sind.

Ferner:	Gewicht des Kolbens mit Inhalt	645,6 g
	Kolben leer und trocken	147,2 „
	mithin Kolben-Inhalt	498,4 g.

Der im Kolben nach dem Abheben des grössten Theiles der Flüssigkeit verbleibende Rest, auf gewogenem Filter gesammelt und wie oben behandelt, liess folgende Zahlen finden:

---

[1]) Ein erheblicher Theil der zugesetzten Magnesia wird zunächst von der im Bodenauszuge noch vorhandenen Salzsäure gebunden. Die oben angegebene Menge lässt indessen noch einen genügenden Antheil frei.

[2]) Vergl. über „getrocknete Filter“ die Bemerkung unter S. 168 der „Anleitung“.

Wägeglas, Filter und Filter-Inhalt . . .	116,411 g
Wägeglas und Filter	22,141 „
wasserfreier Boden-Rest	94,270 g.

Es ergiebt sich hieraus, dass die Gesammt-Menge der im Kolben enthalten gewesenen Flüssigkeit, d. h. des Bodenauszuges aus 101,33 g lufttrockenen (= 100,00 g wasserfreien) Bodens betrug:

$$\begin{array}{r} 498{,}40\text{ g} \\ -\ 94{,}27\text{ „} \\ \hline = 404{,}13\text{ g.} \end{array}$$

Von dieser Menge sind verwendet worden 303,30 g, welche somit, nach dem Ansatz:

$$404{,}13 : 100 = 303{,}30 : x,$$

$x = 75{,}05$ g wasserfreien Bodens entsprechen.

Magnesia-Zusatz bei der Destillation = 5,0 g; in der Vorlage 10,0 ccm Normalschwefelsäure mit 10,0 ccm Wasser.

Beim Zurücktitriren der vorgelegten Säure wurden 45,1 ccm Barytlauge gebraucht (Titer derselben s. unter a):

10,0 ccm Normalschwefelsäure	=	0,14010 g Stickstoff
45,1 „ Barytlösung	=	0,12623 „ „
75,05 g Boden	=	0,01387 g Stickstoff.

Der Factor zur Umrechnung von Stickstoff in Ammoniak ist 1,2141, mithin 0,01387 × 1,2141 = 0,01684 g Ammoniak.

$$75{,}05 : 0{,}01684 = 100 : x,$$

$x =$ **0,022** Proc. Ammoniak in wasserfreiem Boden.

c) Bestimmung der Salpetersäure.

In einer völlig trockenen, etwa 4 Liter fassenden Flasche mit Glas- oder Gummistopfen übergiesst man 1250 g lufttrockenen Boden mit so viel Wasser, dass die Menge des letzteren einschliesslich der im Boden noch vorhandenen hygroskopischen Feuchtigkeit 2000 ccm beträgt.

Nach A. (S. 9) enthalten 100 g lufttrockener Boden 1,32 g Feuchtigkeit, mithin sind in 1250 g Boden 16,5 g Wasser vorhanden, so dass 2000 — 16,5 = 1983,5 ccm Wasser zugesetzt werden müssen.

Man bewerkstelligt diesen Zusatz und das Abwägen des Bodens am einfachsten auf einer kleinen empfindlichen Decimalwage, tarirt zunächst die leere Flasche, wägt das benöthigte Quantum Boden hinein, beschwert schliesslich die Gewichtsschale noch mit 198,35 g und fügt, zuletzt sehr vorsichtig, mittelst einer Pipette, so lange Wasser hinzu, bis die Wage einsteht. Dann verschliesst man die Flasche und lässt unter häufigem Umschütteln, wobei die leicht löslichen Salze der etwa vorhandenen Salpetersäure in Lösung gehen, 48 Stunden lang stehen, lässt thunlichst absitzen und zieht mittelst des unter b) erwähnten Hebers (Fig. 6) genau

1000 ccm ab, und zwar in einen Mischcylinder, welcher über der Marke für 1000 ccm noch eine solche für 1250 ccm und dazu genügenden Schüttelraum besitzt.

Die nothwendige Klärung dieses in fast allen Fällen sehr trüben Bodenauszuges ist durch einfaches Filtriren kaum zu erreichen, man nimmt deshalb auch hier die auf. S. 12 in Anspruch genommene Wirkung des Thonerdehydrats zu Hülfe und fügt 250 ccm desselben, in Form eines ganz dünnflüssigen Breies, dem Boden-Auszuge hinzu. Die Klärung tritt nunmehr, nach kurzem, heftigen Durchschütteln, augenblicklich ein, man erhält, unter Benutzung eines trockenen Faltenfilters, in kürzester Zeit ein vollständig klares Filtrat, welches in einer trockenen Flasche aufgefangen wird und in seiner Gesammtheit (1250 ccm) der Hälfte des angewandten Bodens, also 625,0 g, entspricht.

1000 ccm dieses Filtrats = 500 g lufttrockenen Bodens werden unter Zusatz von 5 ccm Natronlauge in einer geräumigen Schale, anfänglich über freier Flamme, zuletzt auf dem Wasserbade auf etwa 75 ccm eingedampft und nach dem Erkalten in einem Maasskolben genau auf 100 ccm Volum gebracht. Je 50,0 ccm (= 250 g lufttrockenem Boden) dienen sodann zur (doppelt auszuführenden) Bestimmung der Salpetersäure.

Man wendet hier am geeignetsten das sogenannte Siewert'sche Reductions-Verfahren[1]) an, welches darauf beruht, dass in stark alkalischer Flüssigkeit Salpetersäure durch frei werdenden Wasserstoff vollständig in Ammoniak übergeführt wird. Das auf diese Weise gebildete Ammoniak wird durch Kochen ausgetrieben, in titrirter Säure aufgefangen und in bekannter Weise bestimmt.

Auch hier wieder dient der Apparat Fig. 5, dessen Vorlage *C* mit 10,0 ccm Normalschwefelsäure und ebenso viel Wasser beschickt wird.

Man misst mittelst eines trockenen Maasskölbchens 50 ccm des nach oben stehender Behandlung hergestellten Boden-Auszuges ab, bringt sie unter sorgfältigem Nachspülen in den Kolben *A* und trägt 18 bis 20 g salpetersäurefreies Aetzkali — etwa eine Stange — vorsichtig ein. Sobald dasselbe gelöst, setzt man 75 ccm 90proc. Alkohol hinzu und (vermittelst des Neusilbertrichters) ein Gemisch von 8 bis 10 g Eisenstaub und ebenso viel Zinkstaub[2]), — schliesslich ein kleines Stückchen Paraffin zur Schaum-Dämpfung. Unmittelbar darauf verbindet man den Kolben mit der Kugelröhre *a* und dem Kühler und lässt zunächst die Mischung 3 bis 4 Stunden stehen, um die bei der anfänglich sehr lebhaften Wasserstoff-Entwickelung eintretende Reduction der Salpetersäure sich vollziehen zu lassen.

[1]) Fresenius' Zeitschrift II, 75.

[2]) Der Zusatz von Alkohol vermindert die Gefahr des Ueberschäumens sehr erheblich, die Berührung der beiden Metalle, zumal in dieser feinen Vertheilung, ruft schon in der Kälte eine kräftige Wasserstoff-Entwickelung in der alkalischen Flüssigkeit hervor. Der Zinkstaub muss deshalb möglichst reich an metallischem Zink, arm an Oxyd sein.

Nach Verlauf dieser Zeit destillirt man mittelst einer sehr kleinen Flamme ab, bis der Alkohol völlig übergegangen ist und der Inhalt des Kolbens schäumend aufzusteigen beginnt. Die Destillation ist so zu leiten, dass sie etwa zwei Stunden in Anspruch nimmt; das Destillat wird alsdann in bekannter Weise mit Aetzbarytlösung titrirt.

Beispiel. 1250 g lufttrockener Boden, 16,5 g Boden-Feuchtigkeit enthaltend, sind mit 1983,5 ccm Wasser übergossen = 2000 ccm Boden-Auszug. 1000 ccm desselben, mit 250 ccm Thonerdehydrat-Brei gemischt, = 1250 ccm, entsprechend 625 g Boden, sind filtrirt, 1000 ccm des Filtrats (= 500 g Boden) auf 100,0 ccm eingedampft und 50,0 ccm (= 250 g Boden) dann zur Destillation mit Zink und Eisen verwandt worden.

10,0 ccm Normalschwefelsäure	= 0,14010 g Stickstoff
38,1 „ Aetzbarytlösung	= 0,10664 „ „
250,0 g lufttrockener Boden	= 0,03346 g Stickstoff.

Der Factor zur Umrechnung von Stickstoff in Salpetersäure ist 3,848, mithin 0,03346 × 3,8480 = 0,12875 g Salpetersäure.

$$250{,}0 : 0{,}12875 = 100 : x,$$

x = 0,051 Proc. Salpetersäure in lufttrockenem, oder
= **0,052** „ „ in wasserfreiem Boden.

E. Bestimmung des Humus.

Unter der Bezeichnung „Humus“ fasst man die im Boden vorhandenen pflanzlichen Reste und Zersetzungsproducte zusammen, welche Kohlenstoff in organischer Verbindung enthalten.

Beim Zerfall der Pflanzenreste in Gegenwart von atmosphärischer Luft und bei gewöhnlicher Temperatur entsteht ein dunkelbrauner, erdiger, neutral reagirender Humus, welcher mit Alkalien braune humussaure Salze bildet, — bei Luftabschluss hingegen —, also auch unter Wasser, zersetzen sich die Pflanzenreste zu einer grauschwarzen, im feuchten Zustande schwammigen, getrocknet pulverförmigen Masse von saurer Beschaffenheit.

Man prüft den Boden in dieser Beziehung, indem man ein Streifchen neutrales Lackmuspapier in ein Uhrglas legt, mit etwas Boden überschichtet und diesen durchfeuchtet. Ist der Boden „sauer“, so färbt sich das Lackmuspapier mehr oder weniger roth und verliert diese Färbung auch nicht beim Trocknen an einem erwärmten Platze. Eine beim Trocknen wieder verschwindende Röthung des Lackmuspapieres ist auf freie, im Boden vorhanden gewesene Kohlensäure zurückzuführen, deren wässerige Lösung Lackmus vorübergehend zu röthen im Stande ist[1]).

[1]) Saure Humus-Substanzen (Humussäuren) finden sich nur in nassen, torfigen, moorigen Böden und sind für die Entwickelung und das Gedeihen der Culturgewächse schädlich. — Unter gewissen Umständen, in nassen, kalkarmen

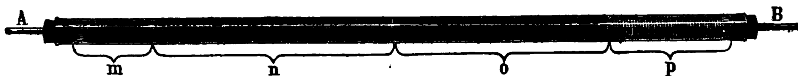
Die quantitative Bestimmung des Humus erfolgt, wo die annähernde Schätzung durch Ermittelung des Glühverlustes nicht ausreicht, durch die sogenannte Elementar-Analyse.

Man verbrennt bei derselben die organische Substanz zu Kohlensäure und Wasser, trennt dieselben, bestimmt die Kohlensäure ihrem Gewichte nach und berechnet daraus die Menge des vorhanden gewesenen Kohlenstoffs. Das Verbrennen geschieht durch Glühen der organischen Substanz mit einem sauerstoffreichen Körper, welcher seinen Sauerstoff leicht abgiebt. Die Gegenwart desselben verbürgt, dass als Verbrennungs-Producte nur Kohlensäure und Wasser sich bilden können, eine Entstehung aber von Kohlenwasserstoffen oder auch einer niedrigeren Oxydationsstufe des Kohlenstoffs ausgeschlossen ist. Im vorliegenden Falle benutzt man als sauerstoffabgebenden Körper das Kupferoxyd.

Zur Vorbereitung der Substanz wägt man in ein dünnwandiges, sogenanntes Hofmeister'sches Glasschälchen genau 5 bis 10 g des lufttrockenen Bodens, durchfeuchtet denselben mit einer verdünnten Lösung von Phosphorsäure und trocknet auf dem Wasserbade, zuletzt bei 100° C. im Lufttrockenschranke vollständig aus. Unter Zersetzung der im Boden vorhandenen Carbonate wird die bereits fertig gebildete Kohlensäure durch diese Behandlung ausgetrieben und entfernt [1]).

Man nimmt die Verbrennung in Röhren von schwer schmelzbarem Glase vor [2]) und benutzt eine solche von 60 cm Länge, 10 bis 20 mm

Fig. 7.



Weite, an beiden Enden offen und glattgeschmolzen. Man verschliesst die wohlgereinigte trockene Röhre, Fig. 7, bei *B* mit einem gut schliessenden Pfropfen und bringt zunächst eine 10 cm lange, eng und dicht gewickelte Spirale von dünnem, blanken Kupferdraht hinein (*p*), darauf einen Pfropfen von langfaserigem Asbest, den man mit einem langen Glasstabe festsetzt und füllt dann, während die Röhre, abwärts gerichtet, von einer Klemme gehalten wird, eine 20 cm lange Schicht (*o*) von grobkörnigem Kupferoxyd mittelst eines Neusilbertrichters ein. Ein zweiter Asbestpfropfen hält diese Füllung fest.

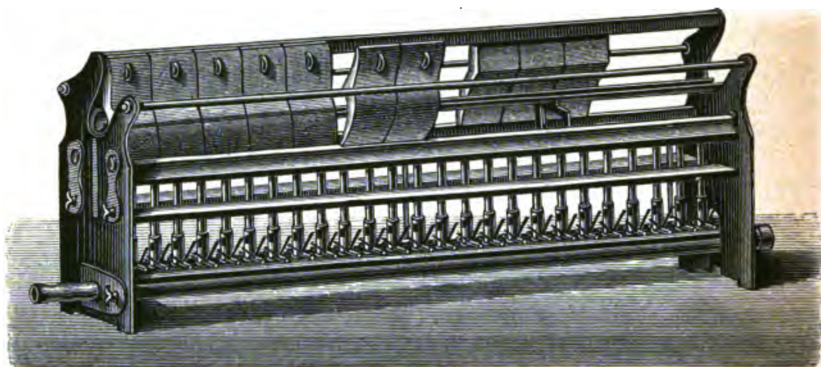
Böden kann bei reichlichem Vorhandensein von fein zertheiltem Schwefeleisen (Eisenkies) durch allmähliche Zersetzung desselben zeitweilig freie Schwefelsäure auftreten ($FeS_2 + 7O + H_2O = FeSO_4 + H_2SO_4$). In solchen Fällen würde die Färbung des Lackmuspapieres hierauf zurückzuführen und durch Prüfung eines wässerigen Bodenauszuges mittelst Chlorbariumlösung festzustellen sein.

[1]) Hatte man eine genaue Kohlensäure-Bestimmung im Boden bereits ausgeführt, so kann man die Behandlung mit Phosphorsäure unterlassen und hat demnächst von der bei der Verbrennung erhaltenen Kohlensäure-Menge die bei der erstgenannten Bestimmung erhaltene abzusetzen. Der verbleibende Rest entspricht dem Kohlenstoff der organischen Substanz.

[2]) „Anleitung" S. 319.

Der noch vorhandene Raum dient zur Aufnahme der mit feinpulverigem Kupferoxyd zu mischenden Substanz. Man füllt zunächst, behuf Abmessung der erforderlichen Menge, die Röhre so weit mit feinpulverigem Kupferoxyd (*n*), dass noch 8 bis 10 cm frei bleiben und schüttet dieses Quantum in eine kleine Porzellanschale zurück. Sodann zerreibt man die abgewogene, mit Phosphorsäure eingetrocknete Boden-Probe sammt dem sie einschliessenden Glasschälchen in einer kleinen, innen glasirten, mit Ausguss versehenen Reibschale zu feinem Pulver, mischt dasselbe innig mit dem grössten Theile des in der Porzellanschale befindlichen Kupferoxyds und trägt mittelst eines kleinen Hornspatels und des Neusilbertrichters die Mischung verlustlos in die von der Klemme senkrecht gehaltene Röhre ein[1]). Mit dem Reste des in dem Schälchen befindlichen Kupferoxyds spült man Reibschale und Trichter wiederholt nach und bringt die letzten Antheile mittelst eines breiten, weichen

Fig. 8.



Pinsels in die Röhre hinein. Eine kleine Menge reinen, grobkörnigen Kupferoxyds (*m*), endlich ein Asbestpfropfen schliessen die Röhre, in welcher man sodann durch vorsichtiges, kräftiges Aufklopfen ein Zusammensetzen der Füllung und damit Raum für das leichte Entweichen der beim Verbrennen sich bildenden Gase herstellt. So vorgerichtet wird die Röhre in einen Gas-Verbrennungsofen (Fig. 8) eingelegt, nachdem man beide Enden derselben mit gut schliessenden Gummistopfen versehen hat, welche in ihrer Durchbohrung je ein 10 cm langes Glasröhrchen tragen.

Wo Gas nicht zur Verfügung steht, benutzt man den für Holzkohlen-Feuerung bestimmten Ofen, wie ihn Fig. 9 zeigt.

Bei *A* (Fig. 7) verbindet man mittelst eines längeren, dünnen Gummischlauches die Verbrennungs-Röhre mit einem aus zwei grösseren U-Röhren oder Trockenthürmen bestehenden Apparat, dessen eine Hälfte mit kleinen Stückchen Aetzkali, die andere mit geschmolzenem, grobkörnigen Chlor-

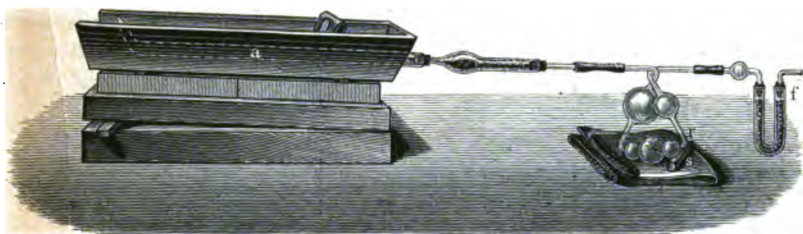
---

[1]) Vergl. auch S. 319 und 320 der „Anleitung“.

calcium gefüllt ist. Das erstere befreit die in die Röhre demnächst eintretende atmosphärische Luft von Kohlensäure, das andere bindet deren Feuchtigkeit.

Während der Dauer der eigentlichen Verbrennung wird diese Verbindung vermittelst eines dicht hinter dem Glasröhrchen *A* (Fig. 7) aufgesetzten Quetschhahns verschlossen gehalten.

Fig. 9.

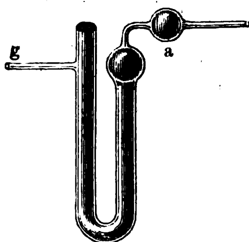


Bei *B* legt man der Verbrennungsröhre zunächst eine Chlorcalciumröhre, Fig. 10 oder 11, vor (die kleine Kugel *a* nach dem Ofen zu gerichtet), deren Inhalt bestimmt ist, das bei der Verbrennung der Humussubstanz auftretende Wasser zu absorbiren, und verbindet das Ende *g* derselben mit dem Röhrchen *a* eines sogenannten Liebig'schen

Fig. 10.



Fig. 11.



Kali-Apparates (Fig. 12, a. f. S.), welcher mit Kalilauge[1]) gefüllt, die eintretende Kohlensäure bindet. Zur Vermeidung von Gewichtsverlusten, welche dadurch entstehen könnten, dass die den Kali-Apparat durchstreichende Luft Feuchtigkeit aus der Kalilauge mitnimmt, bringt man zweckmässiger Weise hinter demselben bei *b* noch ein kleines Chlorcalciumröhrchen *f* an, wie Fig. 9 zeigt. Sämmtliche Verbindungen auf dieser Seite der Verbrennungsröhre werden durch kurze Enden gut schliessenden Gummischlauches gebildet, welche man so weit überschiebt, dass die beiderseitigen Glasröhren sich eben berühren. Durch passende Klemmen und Stative wird das Ganze gestützt und gehalten.

---

[1]) 1 Thl. Aetzkali und 1 bis 2 Thle. Wasser. Man füllt den Kali-Apparat derart, dass man das Röhren-Ende *a* in ein mit der Lauge gefülltes Gläschen einführt und mittelst eines über *b* geschobenen Gummischlauches die Flüssigkeit ansaugt. Man bedarf etwa 20 ccm Lauge und füllt den Apparat genau so weit, wie Figur 12 angiebt. Beide Röhren-Enden trocknet und wischt man darauf mit zusammengedrehten Streifen von Filtrirpapier innen und aussen vollständig rein.

Unmittelbar vor Beginn der Verbrennung wägt man den gefüllten Kali-Apparat und das dazu gehörige, kleine Chlorcalciumröhrchen *f* aufs Genaueste [1]) und fügt sodann alle Theile zusammen, indem man darauf achtet, dass der Kali-Apparat derart angebracht wird, dass die grosse Kugel *m* die aus der Verbrennungsröhre austretenden Gase zuerst aufnimmt. Man giebt dem Kali-Apparat durch passende Unterlagen die schräge Stellung, welche Fig. 13 angiebt und beginnt die Erhitzung der Röhre, indem man zunächst die Theile *m* und *p* (Fig. 7), sodann in der Richtung von *B* nach *A* fortschreitend, den Theil *o* zum Glühen bringt. Erst wenn *o* in vollständiger Rothglut, geht man — ebenfalls in der Richtung von *B* nach *A* langsam und sehr

Fig. 12.

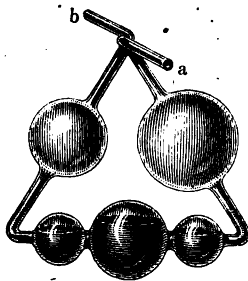
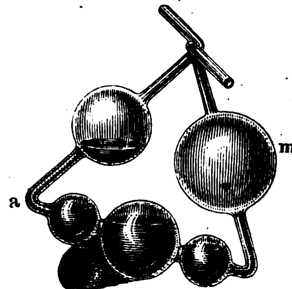


Fig. 13.



allmählich mit dem Erhitzen des Theiles *n* vor, welcher die Bodenmischung enthält, bis endlich die Röhre in ihrer ganzen Gesammtlänge in lebhafter Glut befindlich [2]).

Jede Spur von Wasser, welches — in Dampf-Form — die Verbrennungsröhre verlässt, wird in der zunächst liegenden Chlorcalciumröhre festgehalten, die völlig wasserfreie Kohlensäure hingegen, in Folge der Gliederung und der Aufstellung des Kali-Apparates, von der darin befindlichen Lauge verlustlos absorbirt.

Die Verbrennung ist beendet, sobald der Gasdruck im Innern der Röhre nachlässt, und, durch die Aufnahme der Kohlensäure veranlasst, die Flüssigkeit des Kali-Apparates in die grosse Kugel *m* zurückzusteigen beginnt.

Um die in dem ganzen Verbrennungs-Apparat vorhandene Kohlensäure der vorgelegten Kalilauge noch zuzuführen, verbindet man nunmehr das Ende des kleinen Chlorcalciumrohres *f* mittelst eines längeren, dünnen Schlauches mit einer Saugevorrichtung (S. 79 der „An-

---

[1]) Gefüllte Kali-Apparate und Chlorcalciumröhren bewahrt man vor und nach dem Gebrauch und dem Wägen derart auf, dass man über die Röhren-Enden ein kurzes Stückchen Gummischlauch schiebt, welches nach aussen durch ein ganz kleines Glasstäbchen verschlossen ist.

[2]) In Bezug auf gewisse Vorsichtsmaassregeln sehe man auf S. 321 der „Anleitung" nach.

leitung"), welche ermöglicht, einen ganz gleichmässigen, langsamen Strom trockener, kohlensäurefreier, atmosphärischer Luft durch die sämmtlichen Theile des Verbrennungs-Apparates zu ziehen [1]).

Man stellt die Sauge-Vorrichtung ganz schwach an, öffnet, sobald deren Wirkung in dem Kali-Apparat sich sichtbar macht, vorsichtig und allmählich den Quetschhahn hinter der Verbrennungsröhre bei *A* (Fig. 7) und regelt den Luftstrom — wenn nöthig, noch durch einen bei der kleinen Chlorcalciumröhre *f* auf dem Gummischlauch angebrachten Schrauben-Quetschhahn — derartig, dass in der Secunde etwa eine Luftblase den Kali-Apparat durchstreicht. Auf diese Weise werden die letzten Antheile der entwickelten Kohlensäure gewonnen, — die Reinigung der durchgesaugten Luft übernimmt der mit *A* verbundene, oben beschriebene Apparat.

Nach 5 bis 10 Minuten, sobald man sicher sein darf, den Zweck erreicht zu haben, stellt man die Saugevorrichtung ab, löst den Kali-Apparat und das kleine, dazu gehörige Chlorcalciumröhrchen *f* aus ihren Verbindungen und bringt beide demnächst zur Wägung. Das Mehrgewicht beider Apparate entspricht der Menge der absorbirten Kohlensäure.

Durch allmähliches Mässigen und Verringern der Flammen am Verbrennungsofen kühlt man die Verbrennungsröhre langsam ab; bei vorsichtiger Behandlung ist sie später nach Entfernung der in dem Theile *n* befindlichen Mischung wiederholt für gleiche Bestimmungen brauchbar. Die sämmtlichen Absorptions-Apparate werden nach dem Gebrauch in der oben beschriebenen Weise verschlossen.

Der Factor zur Umrechnung der Kohlensäure auf Kohlenstoff ist 0,2727. Man nimmt nach Wolff an, dass die wasserfreie und stickstofffreie Humussubstanz 58 Proc. Kohlenstoff enthalte und findet danach als Factor zur Umrechnung von Kohlenstoff in Humussubstanz die Zahl 1,7241, oder von Kohlensäure in Humussubstanz 0,4710 [2]).

Beispiel. Abgewogen und im Glasschälchen mit Phosphorsäure-Lösung eingetrocknet sind genau 10,0 g lufttrockener Boden. Die Wägungs-Resultate der Absorptions-Apparate stellten sich wie folgt:

Kali-Apparat vor der Verbrennung . . .	44,5743 g
" nach " " . . .	44,1234 "
Kohlensäure-Aufnahme =	0,4509 g.

[1]) Eine sehr geeignete Saugevorrichtung ist auch die durch Fig. 51, S. 90 der „Anleitung" beschriebene Heberspritzflasche. Man ersetzt den dort abgebildeten Quetschhahn durch einen solchen mit Regulirschraube und setzt das im Pfropfen befindliche kurze Glasrohr mittelst Gummischlauch mit der Chlorcalciumröhre *f* in Verbindung.

[2])
$$\underset{C}{11{,}97} : \underset{CO_2}{43{,}89} = \underset{C}{58} : \underset{CO_2}{212{,}66}$$
$$\underset{CO_2}{212{,}66} : \underset{Humus.}{100{,}0} = 1{,}0 : 0{,}4710$$

Chlorcalciumröhre vor der Verbrennung = 21,4915 g
„ nach „ „ = 21,4901 „
Zunahme = Feuchtigkeit = 0,0014 g.

Die Letztere wurde von den durchstreichenden Gasen aus der Kalilauge des Kugel-Apparates mitgerissen und ihr Betrag muss somit dem Mehrgewichte des Letzteren wieder zugeführt werden.

Die Gesammt-Menge der durch die Verbrennung der organischen Substanz des Bodens erzeugten Kohlensäure betrug mithin:

0,4509 + 0,0014 = 0,4523 g,
welcher 0,4523 × 0,2727 = 0,12334 „ Kohlenstoff
und 0,12334 × 1,7241 = 0,21265 „ Humussubstanz [1]) entspricht.
10,0 g Boden : 0,21265 = 100 : x,

x = 2,127 Proc. Humussubstanz

(wasser- und stickstofffrei) in lufttrockenem, oder

2,155 Proc. in wasserfreiem Boden.

F. Untersuchung des sauren Boden-Auszuges.

Die Untersuchung des sauren Bodenauszuges oder Bodenextractes giebt Aufschluss über die Menge der im Boden enthaltenen mineralischen Pflanzen-Nährstoffe.

Je nach der Art und Beschaffenheit der angewandten Extractions-Mittel ändert sich naturgemäss das Löslichkeits-Verhältniss der einzelnen Stoffe und damit die chemische Zusammensetzung des gewonnenen Extractes; man hat aus diesem Grunde, zur Erlangung von Vergleichszahlen, auch hier ganz bestimmte Vorschriften einzuhalten.

Nach den getroffenen Vereinbarungen [2]) benutzt man zur Bereitung des sauren Boden-Extractes eine reine Salzsäure von 25 Proc. Chlorwasserstoffsäure (1,126 spec. Gew. bei 15° C.) und verwendet auf je 1 Gewichtstheil lufttrockenen Boden 2 Raumtheile derselben [3]).

In einer geräumigen, mit Glasstopfen versehenen Flasche übergiesst man 500,0 g lufttrockenen Boden mit 1000,0 ccm Salzsäure von vorgeschriebenem Gehalt, lässt unter häufigem Umschütteln 48 Stunden bei

---

[1]) Dieselbe Zahl würde auch ohne weitere Rechnung durch Multiplication des Betrages für die gefundene Menge Kohlensäure (0,4523) mit dem Factor 0,4710 erhalten werden.

[2]) Landwirthsch. Versuchsstationen. Bd. XXXVIII, S. 293.

[3]) Die Salzsäure muss frei von Arsen-Verbindungen sein; anderenfalls würde die Bestimmung der Phosphorsäure mittelst Molybdänlösung unrichtig ausfallen, da das Arsen hier einen dem Phosphor gleichartigen Niederschlag liefert. Vergl. „Anleitung“, S. 290.

Zimmertemperatur (17,5° C.) stehen und filtrirt demnächst durch ein trockenes Faltenfilter in eine trockene Flasche. Je 100 ccm des klaren Filtrats entsprechen 50,0 g Boden[1]).

a. Bestimmung der Kieselsäure.

In einem Maasskolben misst man 500 ccm des Bodenextractes (= 250 g Boden) ab und dampft dieselben, unter einem gut ziehenden Abzuge, anfänglich auf kleiner, offener Flamme, zuletzt auf kochendem Wasserbade, in einer flachen, geräumigen Porzellanschale (Berl. Porz.-Sch. Nr. 6) zur Trockne. Während des Abdampfens fügt man 5 bis 10 ccm concentrirte Salpetersäure hinzu, durch deren Einwirkung etwa vorhandenes Eisenoxydul in Oxyd umgewandelt, gelöste organische Stoffe (Humussubstanzen) zerstört werden. Der Rückstand wird, um die Kieselsäure in den unlöslichen Zustand überzuführen, nach S. 216, D., Absatz 1 der „Anleitung“ weiter behandelt, die Kieselsäure abfiltrirt und demnächst zur Wägung gebracht. Das Filtrat fängt man in einem 500 ccm-Kolben auf, füllt bis zur Marke, mischt und verwendet es zu den nachstehenden Bestimmungen.

Das Beispiel für diese und die nachstehenden Bestimmungen findet sich vereinigt am Schlusse des Abschnittes F.

---

[1]) Das Verhältniss zwischen Säure und Boden kann sich sehr erheblich ändern, wenn grössere Mengen kohlensaurer Erden vorhanden sind und einen Theil der Salzsäure binden. Zur Vermeidung dieses Umstandes soll man nach den genannten „Vereinbarungen“ „eine um so stärkere Säure verwenden, je reicher der Boden an Carbonaten ist, so dass nach Sättigung der kohlensauren Verbindungen auf 1 Gewichtstheil Boden stets 2 Volumtheile Säure einwirken“.

Da 1,0 g kohlensaures Calcium 0,73 g Chlorwasserstoffsäure beansprucht, so würde man je nach dem Ausfall der Bestimmung unter C., S. 10, die Stärke der Salzsäure, wie folgt, zu vermehren haben.

Hätte z. B. ein Boden 1,0 Proc. Carbonat, so enthalten die angewandten 500,0 g = 5,0 g; sind 5,0 Proc. vorhanden, so würden 25,0 g Carbonat zugegen und vorher zu sättigen sein, damit das Verhältniss zwischen Säure und Boden demnächst dasselbe bleibe (2 : 1).

500 g Boden erhalten 1000 ccm Salzsäure (v. 25 Proc.) = 250,00 g Chlorwasserstoff
5 „ Carbonat beanspruchen 5 × 0,73 . . . . = 3,65 „ „

Mithin würden zu verwenden sein 1000 ccm Salzsäure mit 253,65 g Chlorwasserstoff,

oder Salzsäure von 25,37 Proc. Oder bei 5 Proc. Carbonat im Boden:

500 g Boden erhalten 1000 ccm Salzsäure (v. 25 Proc.) mit 250,00 g Chlorwasserstoff
25,0 „ Carbonat beanspruchen 25,0 × 0,73 . . . = 18,25 „ „

Mithin würden zu verwenden sein 1000 ccm Salzsäure mit 268,25 g Chlorwasserstoff

oder Salzsäure von 26,8 Proc. Gehalt. Der geringere Bedarf des etwa vorhandenen kohlensauren Magnesiums an Salzsäure kann hierbei unberücksichtigt bleiben, man rechnet den etwaigen Betrag dem des Calciumcarbonats hinzu.

b. Bestimmung von Eisenoxyd und Thonerde.

100,0 ccm des unter a) erhaltenen Filtrats (= 50,0 g Boden) werden mit der gleichen Menge Wasser verdünnt und in einem hohen, bedeckten Becherglase so lange mit einer Lösung von kohlensaurem Natrium versetzt, bis eine schwache Trübung bleibt. Man fügt einige Tropfen Salzsäure hinzu, bis völlige Klarheit wieder eingetreten, erhitzt alsdann kurze Zeit zum Kochen und fällt durch reichlichen Zusatz einer concentrirten Lösung von esssigsaurem Natrium. Der braune Niederschlag enthält alle vorhandene Phosphorsäure an Eisen gebunden, sodann alles übrige Eisen und die Thonerde in Form basisch-essigsaurer Salze[1]). Man lässt absitzen, giesst zunächst nur die über dem Niederschlag stehende Flüssigkeit durchs Filter, wäscht den Niederschlag selbst im Glase wiederholt mit siedendem Wasser, dem man eine kleine Menge essigsaures Natrium zusetzte, aus und bringt ihn schliesslich verlustlos aufs Filter. Das gesammte Filtrat wird zur weiteren Benutzung zurückgestellt, der ausgewaschene Niederschlag dagegen, noch feucht — nachdem man den Trichter auf einen 250 ccm-Kolben gebracht — auf dem Filter mit etwas verdünnter Schwefelsäure übergossen und gelöst. Man wäscht mit siedendem Wasser gut aus, lässt die Lösung abkühlen, füllt bis zur Marke und mischt; ein Theil dient zur Bestimmung von Eisenoxyd, ein Theil zur Bestimmung von Eisenoxyd, Thonerde und Phosphorsäure. Nach anderweitiger Bestimmung der letzteren berechnet sich dann als Differenz der Gehalt an Thonerde.

1. Bestimmung von Eisenoxyd. Man bestimmt das Eisenoxyd im vorliegenden Falle auf maassanalytischem Wege und zwar nach vorhergegangener Reduction des Oxyds in Oxydul. Als Maassflüssigkeit dient eine titrirte Lösung von übermangansaurem Kalium (Chamäleonlösung), welche in Gegenwart freier Schwefelsäure durch Sauerstoff-Abgabe das Oxydul wieder in Oxyd zurückwandelt und dabei selbst unter gleichzeitiger Entfärbung zerfällt. Sobald die Oxydation vollendet ist, bleibt jeder weitere Zusatz von übermangansaurem Kalium unzersetzt, färbt — schon im kleinsten Ueberschusse, die ganze Flüssigkeit blassroth und zeigt damit das Ende der Reaction an. Die Menge der zugesetzten Chamäleon-Lösung ist das Maass für das vorhanden gewesene Eisenoxydul oder der ihm entsprechenden Menge Oxyd[2]).

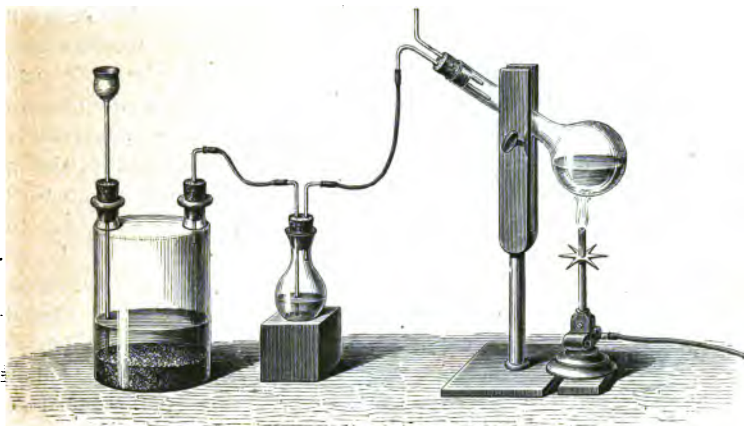
---

[1]) Etwa vorhandenes Mangan bleibt gelöst.

[2]) Bereitung und Titerstellung der Chamäleonlösung. Man benutzt zur Titerstellung am einfachsten eine Lösung von krystallisirtem, schwefelsauren Eisenoxydul-Ammonium, ein Doppelsalz von der Zusammensetzung: $Fe, SO_4, (NH_4)_2SO_4 + 6 H_2O$, leicht ganz rein und haltbar im Handel zu beziehen. Das Aequivalent dieses Salzes (196,04) ist fast ganz genau sieben Mal so gross, wie das des Eisens (28,0), wodurch sich demnächst eine sehr einfache Berechnung ermöglicht.

50,0 ccm der unter b. hergestellten Flüssigkeit (= 10,0 g Boden) werden mittelst Pipette in einen langhalsigen Kolben gebracht, mit 25,0 ccm verdünnter Schwefelsäure versetzt und erwärmt. Man lässt dann vorsichtig ein Stückchen reines Zink, nebst einem zusammengerollten Platindraht, in den Kolben gleiten und verbindet denselben in

Fig. 14.



nebenstehender Weise (Fig. 14) mit einem Kohlensäure-Entwickelungs-Apparat, so dass durch die in den Kolben eintretende Kohlensäure die sauerstoffhaltige atmosphärische Luft von dem Kolbeninhalt abgeschlossen gehalten wird. Unter lebhafter Entwickelung von Wasserstoffgas und

---

Man löst einerseits in einem Literkolben 5,0 g (annähernd) reines, krystallisirtes übermangansaures Kalium, andererseits in einem 500 ccm-Kolben und unter Zusatz von 100 ccm verdünnter Schwefelsäure 7,00 g (genau) jenes Eisendoppelsalzes in heissem Wasser auf, lässt erkalten, füllt mit kaltem, vorher ausgekochten Wasser bis zur Marke und mischt.

100 ccm der Eisensalzlösung (= 1,4 g Salz mit 0,2 g Eisen) pipettirt man in ein etwa 400 ccm fassendes Becherglas, verdünnt mit der gleichen Menge kalten, ausgekochten Wassers, stellt das Becherglas auf eine Porzellanplatte oder weisses Papier und tröpfelt unter Umrühren mit dem Glasstabe aus der Bürette (Fig. 15 a. f. S.) Chamäleonlösung hinzu. Die Färbung derselben verschwindet anfänglich langsam, später augenblicklich, bis endlich, nach vollendeter Oxydation, bei geringstem Ueberschuss die ganze Flüssigkeit eine hellrothe Farbe annimmt und behält. Man wiederholt diese Titration mit je 100 ccm der Eisensalzlösung mehrere Male und stellt den Verbrauch an Chamäleon-Flüssigkeit aufs Genaueste fest.

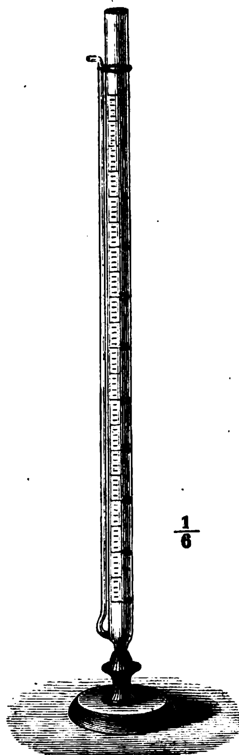
Gesetzt, es seien im Mittel von vier Bestimmungen 19,8 ccm Chamäleonlösung verbraucht worden, so berechnet sich der Wirkungswerth oder Titer derselben nach dem Ansatz:

$$19{,}8 : 0{,}20\,\text{g Eisen} = 1{,}0 : x,$$
$$x = 0{,}0101\,\text{g Eisen}.$$

1,0 ccm obiger Chamäleonlösung zeigt also 0,0101 g Eisen oder ($2\,Fe : Fe_2O_3$) 0,01443 g Eisenoxyd an.

gleichzeitiger allmählicher Entfärbung der Flüssigkeit geht die Reduction des Eisenoxyds vor sich; — sobald die gelbe Farbe der heissen Lösung vollständig verschwunden ist (wenn nöthig, fügt man ein weiteres Stückchen Zink hinzu) und alles Zink sich gelöst hat[1]), lässt man im Kohlensäure-Strom erkalten, verdünnt mit kaltem, vorher ausgekochten Wasser und spült die Flüssigkeit mit Zurücklassung des Platinas und etwa aus dem Zink herrührender Bleiflocken verlustlos in ein grösseres Becherglas. Man setzt nun aus der Bürette (Fig. 15) so lange tropfenweise, unter Umrühren mit einem Glasstabe, von der titrirten Chamäleonlösung hinzu, bis bleibende Röthung eintritt. Die Anzahl der verbrauchten Cubikcentimeter, mit dem Titer der Chamäleonlösung multiplicirt, giebt ohne Weiteres den Gehalt der angewandten Boden-Menge an Eisenoxyd.

Fig. 15.



2. Bestimmung der Thonerde. 50,0 ccm (= 10,0 g Boden) der unter b. dargestellten schwefelsauren Lösung werden in ein Becherglas pipettirt, bis fast zum Sieden erhitzt und mit Ammoniak bis zur schwach alkalischen Reaction versetzt. Der Niederschlag wird filtrirt, mit heissem Wasser gut ausgewaschen, getrocknet, geglüht und gewogen. Er besteht — nach dem Glühen — aus phosphorsaurem Eisenoxyd, Thonerde und Eisenoxyd, nach Abzug der Beträge für Eisenoxyd und Phosphorsäure (b. 1. und f.), bleibt als Rest der Betrag für Thonerde.

c. Bestimmung von Kalk und Magnesia.

Bei der Anwesenheit von Mangan-Verbindungen im Boden gehen durch die Behandlung mit Säuren auch diese in Lösung und müssen, wenn schon ihre quantitative Bestimmung unterlassen werden kann, doch aus dem Boden-Auszuge entfernt werden, um demnächst die Fällung von Kalk und Magnesia vornehmen zu können. Die Entfernung des Mangans geschieht durch Ausfällung mittelst Brom.

Das von der durch essigsaures Natrium hervorgerufenen Fällung bei b. erhaltene und zurückgestellte Filtrat (= 50,0 g Boden) wird zunächst, wenn erforderlich, auf etwa 250 ccm eingedampft und sodann

---

[1]) Ein kleiner Tropfen der Flüssigkeit, auf weissem Porzellan mit einem Tropfen Rhodankalium-Lösung zusammengebracht, darf keine rothe Färbung geben, anderenfalls ist noch Eisenoxyd vorhanden.

bei etwa 40° bis 50° C. mit soviel Bromwasser[1]) versetzt, bis die Flüssigkeit deutlich gelb bleibt. Das vorhandene Mangan fällt als Mangansuperoxyd in Form grober braunschwarzer Flocken aus. Man dampft etwas ein, lässt erkalten und spült die Flüssigkeit verlustlos in einen 250 ccm-Kolben, füllt bis zur Marke, mischt und filtrirt durch ein trockenes Faltenfilter in ein trockenes Glas.

√ 1. Bestimmung des Kalks. 200,0 ccm dieses Filtrats (= 40,0 g Boden) dienen zur Bestimmung des Kalks. Man erhitzt dieselben zunächst so lange, bis das zugesetzte freie Brom ausgetrieben und die Flüssigkeit farblos geworden, neutralisirt sodann mit Ammoniak, fällt den Kalk durch Zusatz von oxalsaurem Ammon und verfährt bei weiterer Behandlung des Niederschlages genau nach den Vorschriften auf S. 217 der „Anleitung". Derselbe wird entweder bei 100° C. getrocknet und gewogen, in diesem Falle berechnet man die entsprechende Menge Calciumoxyd durch Multiplication des Wägungsbetrages mit 0,3836, oder der Niederschlag wird verbrannt und geglüht, wobei ohne Weiteres Calciumoxyd erhalten und gewogen wird.

√ 2. Bestimmung der Magnesia. Das mit den Waschwässern vereinigte Filtrat vom oxalsauren Calcium dient zur Fällung etwa vorhandener Magnesia nach S. 218 der „Anleitung". Der Betrag des nach dem Glühen verbleibenden pyrophosphorsauren Magnesiums giebt, mit dem Factor 0,3602 multiplicirt, den Betrag an Magnesiumoxyd in 40,0 g lufttrockenem Boden.

d. Bestimmung der Schwefelsäure.

In 200 ccm der unter a. dargestellten, von Kieselsäure befreiten Lösung (= 100,0 g Boden) bestimmt man durch Fällung mit Chlorbarium-Lösung die Schwefelsäure nach den Vorschriften unter E. S. 218 der „Anleitung". Der Betrag des schliesslich zur Wägung gebrachten Bariumsulfates, mit dem Factor 0,3432 multiplicirt, giebt die entsprechende Menge Schwefelsäure.

e. Bestimmung von Kali und Natron.

Das mit den Waschwässern vereinigte Filtrat vom schwefelsauren Barium (d.), entsprechend 100,0 g Boden, dient nach den Vorschriften unter F., S. 219 der „Anleitung" zur Bestimmung der Chloralkalien (Chlorkalium + Chlornatrium). Nach stattgehabter Wägung derselben bestimmt man mittelst Platinchlorid den Kali-Gehalt nach S. 344 der „Anleitung" als Kaliumplatinchlorid, rechnet dasselbe auf

[1]) Bromwasser wird dargestellt, indem man in einer mit Glasstopfen versehenen Flasche etwas Brom mit kaltem Wasser schüttelt.

Chlorkalium um (Factor 0,3071) und bringt dessen Betrag von der Menge der Gesammt-Chloralkalien in Abzug. Der Rest ist Chlornatrium.

Der Betrag für Chlorkalium, multiplicirt mit dem Factor 0,6319, giebt die entsprechende Menge Kaliumoxyd oder Kali, der für Chlornatrium, multiplicirt mit 0,5314, die entsprechende Menge Natriumoxyd oder Natron.

f. Bestimmung der Phosphorsäure.

Zu ~~200~~ 100 ccm der unter a. dargestellten, kieselsäurefreien Lösung (= 100,0 g Boden) fügt man Ammoniak bis zur alkalischen Reaction, macht mit Salpetersäure stark sauer und fällt die vorhandene Phosphorsäure in der auf 70° bis 80° C. erwärmten Flüssigkeit durch Zusatz einer Lösung von molybdänsaurem Ammon nach S. 338 der „Anleitung". Den gelben Niederschlag lässt man 12 Stunden stehen, ehe man filtrirt; der Betrag des schliesslich zur Wägung gelangenden pyrophosphorsauren Magnesiums, multiplicirt mit dem Factor 0,6398, lässt die entsprechende Menge Phosphorsäure finden.

g. Prüfung auf Eisenoxydul.

In gewissen Böden, sandiger, nasser oder mooriger Beschaffenheit, findet sich Schwefeleisen (Eisenkies, FeS_2) in grösseren Mengen und in feinster Zertheilung. Dasselbe zerfällt unter dem Einflusse der atmosphärischen Luft in Schwefelsäure, welche sich allmählich mit dem vorhandenen Thon zu schwefelsaurer Thonerde umsetzt und in schwefelsaures Eisenoxydul[1]). Das letztere gilt als ein sogenanntes Pflanzengift und ist der Vegetation der Culturgewächse schädlich.

Man prüft auf das Vorhandensein desselben durch Zusatz einer Lösung von Ferridcyankalium (rothem Blutlaugensalz) zu dem wässerigen Bodenauszuge. Eine eintretende dunkelblaue Färbung der Flüssigkeit beweist die Gegenwart von Eisenoxydul.

Gesammt-Beispiel zum Abschnitt F.

500,0 g lufttrockener Boden sind mit 1000,0 ccm reiner Salzsäure behandelt worden, der Auszug ist abfiltrirt.

a. Kieselsäure.

500,0 ccm des klaren Boden-Auszuges (entsprechend 250,0 g Boden) sind eingedampft u. s. w., die unlöslich gewordene Kieselsäure ist abfiltrirt, das Filtrat wurde auf 500,0 ccm Volum gebracht.

Gewogen: 0,5370 g Kieselsäure,

250,0 g Boden : 0,5370 g Kieselsäure = 100 : x,

x = 0,2148 Proc. Kieselsäure.

---

1) Vergl. die Anmerkung zu E., S. 21.

b. Eisenoxyd und Thonerde.

100,0 ccm des unter a. erhaltenen Filtrats (= 50,0 g Boden), mit kohlensaurem Natrium neutralisirt, wurden mit essigsaurem Natrium gefällt, der abfiltrirte und ausgewaschene Niederschlag ist in verdünnter Schwefelsäure gelöst, die Lösung auf 250,0 ccm Volum gebracht.

1. Eisenoxyd. 50,0 ccm dieser Lösung (= 10,0 g Boden) wurden nach stattgehabter Reduction des Oxyds mit Chamäleon titrirt (1,0 ccm Chamäleonlösung entsprach 0,01443 g Eisenoxyd). Gebraucht: 16,90 ccm derselben.

$$16{,}90 \times 0{,}01443 = 0{,}24387 \text{ g Eisenoxyd},$$
$$10{,}0 : 0{,}24387 = 100 : x,$$
$$x = 2{,}439 \text{ Proc. Eisenoxyd.}$$

2. Thonerde. 50,0 ccm (= 10,0 g Boden) sind mit Ammoniak gefällt. Der geglühte Niederschlag (Eisenoxyd, Phosphorsäure und Thonerde) wog: 0,5256 g.

$$10{,}0 : 0{,}5256 = 100{,}0 : x,$$
$$x = 5{,}256 \text{ Proc. Eisenoxyd, Phosphorsäure und Thonerde.}$$

Unter b 1. sind gefunden . .	2,439	Proc. Eisenoxyd, demnächst
unter f. (s. unten)	1,562	„ Phosphorsäure,
zusammen	4,001	Proc.

Diese Summe von dem oben stehenden Betrage für Eisenoxyd, Phosphorsäure und Thonerde in Abzug gebracht, lässt als Rest:

5,256	Proc.
— 4,001	„
1,255	Proc. Thonerde.

c. Kalk und Magnesia.

1. Kalk. Das von der Fällung mit essigsaurem Natrium bei b. erhaltene Filtrat (entsprechend 50,0 g Boden) wird mit Brom behandelt, um etwa vorhandenes Mangan abzuscheiden, die unfiltrirte Flüssigkeit auf 250,0 ccm Volum gebracht, filtrirt. In 200,0 ccm (= 40,0 g Boden) wurde nach Zusatz von Ammoniak durch oxalsaures Ammon der Kalk gefällt, auf gewogenem Filter gesammelt und als oxalsaures Calcium gewogen.

Gefunden: 1,1428 g oxalsaures Calcium.

$$1{,}1428 \times 0{,}3836 = 0{,}4384 \text{ g Kalk},$$
$$40{,}0 : 0{,}4884 = 100 : x,$$
$$x = 1{,}096 \text{ Proc. Kalk (Calciumoxyd)}$$ [1].

[1]) Theils an Kohlensäure, theils an Schwefelsäure oder Phosphorsäure gebunden.

2. Magnesia. Im Filtrat von 1. (= 40,0 g Boden) ist unter Zusatz von Ammoniak durch phosphorsaures Natrium die Magnesia gefällt, der abfiltrirte Niederschlag geglüht und gewogen worden.

Gefunden: 0,3794 g pyrophosphorsaures Magnesium.
0,3794 × 0,3602 = 0,13666 Magnesia,
40 : 0,13666 = 100 : x,
x = 0,342 Proc. Magnesia (Magnesiumoxyd).

d. Schwefelsäure.

In 200,0 ccm (= 100,0 g Boden) des unter a. erhaltenen Filtrats ist durch Chlorbarium die Schwefelsäure gefällt.

Gefunden: 0,1429 g schwefelsaures Barium.
0,1429 × 0,3432 = 0,04904 g Schwefelsäure oder
0,049 Proc. Schwefelsäure.

e. Kali und Natron.

Das Filtrat vom schwefelsauren Barium unter d. (= 100,0 g Boden) liess finden: 0,2299 g Chloralkalien, die Behandlung derselben mit Platinchlorid: 0,7286 g Kaliumchlorid.

0,7286 × 0,3071 = 0,2237 g Chlorkalium, so dass
0,2299 g Chlorkalium und Chlornatrium,
— 0,2237 „ Chlorkalium,
= 0,0062 g Chlornatrium übrig bleiben.

0,2237 × 0,6319 = 0,14136 g Kali,
0,0062 × 0,5308 = 0,00329 „ Natron in 100,0 g Boden, mithin
0,141 Proc. Kali (Kaliumoxyd),
0,003 „ Natron (Natriumoxyd).

f. Phosphorsäure.

Aus 200,0 ccm des unter a. erhaltenen Filtrats (= 100,0 g Boden) ist durch molybdänsaures Ammon die Phosphorsäure ausgefällt. Aus dem Niederschlage wurden nach weiterer Behandlung schliesslich erhalten:

0,2441 g pyrophosphorsaures Magnesium.
0,2441 × 0,6398 = 0,15618 g Phosphorsäure
= 0,156 Proc. Phosphorsäure.

g. Eisenoxydul ist nicht nachgewiesen worden.

Die sämmtlichen im Vorstehenden berechneten Zahlen beziehen sich auf lufttrockenen Boden und bedürfen mithin noch einer Umrechnung auf wasserfreien (bei 100° bis 105° C. getrockneten) Boden.

Das Verhältniss ist im vorliegenden Beispiel bekanntlich 98,68 : 100, es sind mithin die sämmtlichen Zahlenwerthe durch 0,9868 zu dividiren. Daraus ergiebt sich der procentische Gehalt der betreffenden Stoffe in wasserfreiem Boden zu:

0,217	Proc.	Kieselsäure,
2,471	„	Eisenoxyd,
1,272	„	Thonerde,
1,111	„	Kalk,
0,346	„	Magnesia,
0,050	„	Schwefelsäure,
0,143	„	Kali,
0,003	„	Natron,
0,158	„	Phosphorsäure,
—	„	Eisenoxydul.

V. Physikalische Untersuchung.

A. Bestimmung des specifischen Gewichts.

Man ermittelt auf einer guten Tarirwage das Gewicht eines leeren und trockenen 250 ccm-Kolbens, trägt in diesen 100 bis 150 g lufttrockenen Boden (von bekanntem Feuchtigkeits-Gehalt) ein und bestimmt durch Wiederwägung genau das Gewicht der eingetragenen Menge, welches demnächst durch Abzug des dem Boden zukommenden Feuchtigkeits-Betrages auf wasserfreien Boden umgerechnet wird. Man übergiesst den Boden mit so viel heissem Wasser, dass ein dünnflüssiger, ganz gleichartiger Brei entsteht, erwärmt 15 Minuten lang unter häufigem Umschütteln in kochendem Wasserbade, um alle Luft auszutreiben, lässt erkalten, füllt mit Wasser von 17,5° C. auf, entfernt durch einige Tropfen Aether die vorhandenen kleinen Luftblasen und stellt schliesslich mit Wasser genau zur Marke ein. Die nun vorzunehmende Wägung lässt ermitteln, wie viel Gramm Wasser im Kolben vorhanden sind, welche (da der Maasskolben 250 g Wasser bei 17,5° C. fasst) ebensoviel Cubikcentimeter Raum erfüllen. Den übrigen Raum nimmt der wasserfreie Boden ein, dessen Gewicht bekannt ist, so dass zur Ermittelung des specifischen Gewichts desselben nur noch eine einfache Rechnung übrig bleibt.

Beispiel.	Maasskolben mit Boden	162,140 g
	„ leer und trocken . . .	60,310 „
	lufttrockener Boden	101,830 g.

Nach S. 9 enthält der lufttrockene Boden noch 1,32 Proc. Feuchtigkeit, so dass sich für die abgewogene Menge nach dem Ansatz:

$$100 : 1{,}32 = 101{,}83 : x,$$
$$x = 1{,}34 \text{ g Feuchtigkeit}$$

berechnen, welche in Abzug zu bringen sind.

Der Kolben enthielt demnach 101,83 — 1,34 = **100,49** g wasserfreien Boden, so dass das oben zu 162,140 g ermittelte Gewicht des mit lufttrockener Erde versehenen Maasskolbens sich bei Berücksichtigung wasserfreien Bodens auf 162,140 — 1,34 = 160,80 g ermässigt.

Nach dem Einstellen zur Marke mit destillirtem Wasser von 17,5° C. wurde gefunden:

Maasskolben mit Boden und Wasser	370,810 g
„ „ „ ohne „	160,800 „
mithin Wasserzusatz (einschliesslich Feuchtigkeit) .	210,010 g oder ccm.

Der Maasskolben enthielt demnach 250,00 — 210,01 = **39,99** ccm Boden, dessen Gewicht im wasserfreien Zustande, wie oben ermittelt, **100,49** g betrug. Mithin ist das specifische Gewicht des wasserfreien Bodens:

$$= \frac{100{,}49}{39{,}99} = \mathbf{2{,}5129} \text{ bei } 17{,}5^0 \text{ C.}$$

B. Bestimmung des absoluten oder Volum-Gewichts.

In einen trockenen, gewogenen Maasscylinder, welcher mit einer 100-ccm-Marke versehen ist, füllt man mit Hülfe eines Neusilbertrichters (Fig. 50, S. 89, der „Anleitung") allmählich und in kleinen Antheilen lufttrockenen, vorher in einer Reibschale zu feinstem Pulver zerriebenen Boden bis zur Marke ein, indem man fortwährend durch gelindes Rütteln und Aufstossen des Cylinders auf eine weiche Unterlage ein festes gleichmässiges Zusammensetzen des Bodens bewirkt, derart, dass schliesslich bei weiterem Rütteln und Aufstossen eine Volum-Verringerung nicht mehr stattfindet und der Cylinder genau 100 ccm Boden enthält. Man wägt, berechnet den ermittelten Gewichtsbetrag unter Bezugnahme auf den bekannten Feuchtigkeits-Gehalt, auf wasserfreien Boden um und bezieht die so erhaltene Zahl entweder auf 1 Liter oder 1 Cubikmeter Boden.

Beispiel.	Messcylinder mit Boden	300,52 g
	„ leer und trocken . . .	145,57 „
	100 ccm lufttrockener Boden	154,95 g.

Bei 1,32 Proc. Feuchtigkeits-Gehalt desselben berechnen sich für 154,95 g Boden nach dem Ansatz:

$$100 : 1{,}32 = 154{,}95 : x,$$
$$x = 2{,}04 \text{ g Feuchtigkeit,}$$

welche abzusetzen sind, wonach 154,95 — 2,04 = 152,91 g wasserfreier Boden auf 100 ccm Raum verbleiben.

Demnach beträgt das absolute Gewicht für 1 Liter (Litergewicht) = 1529,1 g, oder für 1 cbm (1000 Liter) = 1529,1 kg.

Dividirt man das absolute Gewicht des Bodens durch das Gewicht der gleichen Raumgrösse Wasser, so erhält man das „scheinbare specifische Gewicht“. Dasselbe würde also im vorliegenden Falle $\frac{1529,1}{1000}$ = 1,5291 betragen.

C. Bestimmung der Porosität.

Unter Porosität versteht man die Eigenschaft des Bodens, zwischen den einzelnen festen Erdtheilchen, je nach der Beschaffenheit derselben, grössere oder geringere Mengen kleiner, lufterfüllter Räume oder Poren einzuschliessen.

Man gewinnt einen auf 100 Raumtheile trockenen Bodens sich beziehenden, zahlenmässigen Ausdruck für den Grad der Porosität, wenn man den Betrag des „scheinbaren specifischen Gewichts“ des Bodens mit 100 multiplicirt und mit dem Betrage für das „wirkliche specifische Gewicht“ dividirt.

Unter Heranziehung der unter A. und B. gefundenen Zahlen hätte man anzusetzen:

$$2,5129 : 1,5291 = 100 : x,$$
$$x = 60,85.$$

Von 100 Raumtheilen trockenen Bodens würden also:

60,85 Proc. das Volumen der festen Erdtheilchen,
39,15 „ das Volumen der Poren, der lufterfüllten Räume, ausmachen.

D. Bestimmung der Absorptionsfähigkeit.

Der Boden hat die bemerkenswerthe, für die Ernährung der Pflanzen überaus bedeutsame Eigenschaft, beim Zusammentreffen mit wässerigen Lösungen von Pflanzen-Nährstoffen die letzteren den Lösungen zu entziehen und sie so festzuhalten oder zu absorbiren, dass sie unter gewöhnlichen Umständen dem Boden durch Wasser nicht wieder entzogen werden können. Man nennt diese Eigenschaft die Absorptions-Fähigkeit, sie ist je nach der Zusammensetzung des Bodens, sowie nach der Art und der chemischen Verbindung des betreffenden Nährstoffes eine sehr verschieden grosse.

Man führt die Bestimmung dieser Absorptions- oder Aufnahme-Fähigkeit derart aus, dass man den trockenen Boden mit einer gewissen Menge einer Nährstofflösung von bestimmtem Gehalt längere

Zeit in Berührung lässt und danach feststellt, wie viel von dem betreffenden Nährstoff in der abfiltrirten Lösung noch verblieben ist. Der fehlende Antheil wird als von dem Boden absorbirt angesehen.

Die Menge des von 100 g lufttrockenem Boden absorbirten Stoffes, in Milligrammen ausgedrückt, nennt man den Absorptions-Coëfficienten des Bodens für den betreffenden Nährstoff[1]).

Für die weitaus meisten Fälle genügt es, die Absorptions-Coëfficienten für die drei hauptsächlichsten Nährstoffe: Kali, Stickstoff und Phosphorsäure kennen zu lernen und man verwendet zweckmässig zur Herstellung der betreffenden Nährstofflösungen das Chlorkalium, das Chlorammonium und das phosphorsaure Natrium[2]), drei Salze, welche leicht in reinem Zustande zu erhalten sind.

Um die Versuche den in der Natur vorhandenen Verhältnissen thunlichst anzupassen, wird mit sehr verdünnten Lösungen gearbeitet, und zwar stellt man Zehntel-Normal-Lösungen[3]) dar, welche also $^1/_{10}$ des Moleculargewichts des betreffenden Körpers, in Grammen ausgedrückt, in 1 Liter Wasser aufgelöst enthalten.

Man löst 7,440 g reines Chlorkalium ($KCl = 74{,}40$), entsprechend 4,701 g Kali, ferner 5,338 g reines Chlorammonium ($NH_4Cl = 53{,}38$) mit 1,401 g Stickstoff und endlich 35,7 g krystallisirtes, reines phosphorsaures Natrium ($Na_2H, PO_4 + 12\,H_2O = 357{,}32$), entsprechend 7,072 g Phosphorsäure-Anhydrid, zu je 1 Liter Flüssigkeit. Mithin enthält von diesen Lösungen je

1,0 ccm = 0,004701 g Kali (K_2O)
„ = 0,001401 „ Stickstoff (N)
„ = 0,007072 „ Phosphorsäure (P_2O_5).

In drei mit Stopfen versehenen Kochflaschen von 750 bis 1000 ccm Rauminhalt bringt man je 100,0 g lufttrockenen Boden nebst je 400 ccm der drei Nährstofflösungen und lässt unter häufigem Umschütteln 48 Stunden lang bei Zimmerwärme (17,5° C.) stehen. Nach genügendem Absitzen giesst man die Flüssigkeiten vorsichtig durch trockene Faltenfilter in trockene Flaschen ab.

In 40,0 ccm des Chlorkalium-haltigen, klaren Filtrats bestimmt man den Gehalt an Kali (nach S. 344 der „Anleitung"), in 100 ccm des Chlorammonium-haltigen Filtrats den Stickstoff durch Destillation nach D. b), S. 15, in 20 ccm endlich der Phosphatlösung die Phosphorsäure nach S. 340 b) der „Anleitung" auf maassanalytischem Wege.

Die gefundenen Mengen werden auf das verwendete Volum von

---

1) Fesca, Beiträge zur agronomischen Bodenuntersuchung 1882, S. 31.

2) Das phosphorsaure Natrium enthält viel Krystallwasser und giebt leicht durch Verwitterung davon ab. Mit Rücksicht hierauf ist das Salz stets sorgfältig verschlossen aufzubewahren.

3) Ueber „Normal-Flüssigkeiten" vergl. die Anmerkung auf S. 275 der „Anleitung".

400 ccm, deren ursprünglicher Gehalt an Nährstoffen bekannt ist, berechnet, — was an dem Betrage der letzteren fehlt, ist durch die verwendeten 100 g Boden absorbirt worden.

Beispiel. Kali. Angewandt auf 100,0 g Boden: 400 ccm Flüssigkeit, welche 400 × 0,004701 = 1,8804 g Kali enthielten. Nach stattgehabter Absorption wurden aus 40,0 ccm des Filtrats erhalten: 0,9110 g Kaliumplatinchlorid, entsprechend 0,9110 × 0,1940 = 0,17673 g Kali.

Die Gesammtmenge (400 ccm) enthielt mithin 1,7673 g Kali. Es sind folglich: 1,8804 — 1,7673 = 0,1131 g Kali von 100,0 g Boden zurückgehalten worden.

Der Absorptions-Coëfficient desselben für Kali ist demnach gleich 113.

Stickstoff. Angewandt auf 100,0 g Boden: 400 ccm Flüssigkeit, welche 400 × 0,001401 = 0,5604 g Stickstoff enthielten. Nach stattgehabter Absorption sind 100,0 ccm des Filtrats, unter Vorlage von 20,0 ccm Normal-Schwefelsäure mit Natronlauge destillirt worden. Beim Zurücktitriren der vorgeschlagenen Säure wurden 57,2 ccm Aetzbarytlösung, von welcher 1,0 ccm = 0,002799 g Stickstoff entsprach, verbraucht (57,2 × 0,002799 = 0,16010).

20,0 ccm Normalschwefelsäure . . .	0,28020 g Stickstoff,
57,2 ccm Aetzbarytlösung	0,16010 g „
100,0 ccm Filtrat	0,12010 g Stickstoff.

Die Gesammtmenge (400 ccm) enthielt mithin 0,48040 g Stickstoff. Es sind folglich: 0,5604 — 0,48040 = 0,0800 g Stickstoff von 100,0 g Boden zurückgehalten worden.

Der Absorptions-Coëfficient desselben für Stickstoff (in Form von Ammoniak) ist demnach gleich 80.

Phosphorsäure. Angewandt auf 100,0 g Boden: 400 ccm Flüssigkeit, welche 400 × 0,007072 = 2,8288 g Phosphorsäure enthielten.

Nach stattgehabter Absorption ist in 20,0 ccm des Filtrats die Phosphorsäure mittelst Uranlösung bestimmt. Gebraucht: 27,2 ccm Uranlösung, von welcher 1,0 ccm = 0,0050 g Phosphorsäure anzeigte. 27,2 × 0,005 = 0,1360 g Phosphorsäure.

Die Gesammtmenge (400 ccm) Filtrat enthielt mithin:

$$20 : 0{,}136 = 400 : x.$$

$x = 2{,}720$ g Phosphorsäure, so dass danach: 2,8288 — 2,7200 = 0,1088 g Phosphorsäure von 100,0 g Boden zurückgehalten sind.

Der Absorptions-Coëfficient desselben für Phosphorsäure ist demnach gleich 109.

E. Bestimmung der wasserhaltenden Kraft.

Die Fähigkeit des Bodens, bei der Berührung mit Wasser eine bestimmte Menge desselben aufzusaugen und in seinen Poren festzuhalten, nennt man seine wasserhaltende Kraft oder Wassercapacität. Dieselbe schwankt nach der Zusammensetzung und nach der grösseren oder geringeren mechanischen Zertheilung sehr erheblich; im freien Felde treten noch die Lagerungs-Verhältnisse, Grundwasserstand und andere Umstände bestimmend hinzu. Nach Lage der Sache sind deshalb die im Laboratorium gewonnenen Versuchs-Resultate, bei welchen den letztgenannten Verhältnissen keine Rechnung getragen werden kann, von nur beschränktem Werth.

Zur Bestimmung der wasserhaltenden Kraft dient ein kleiner Cylinder von Nickelblech[1]), oben offen, am unteren Ende durch einen Siebboden, ein feines Drahtnetz, geschlossen. Unterhalb dieses Siebbodens ist eine schmale, seitlich mehrfach durchbohrte Verlängerung des Cylinders angebracht, welche bei senkrechter Aufstellung desselben in einer flachen Schale einen ungehinderten Zutritt von Wasser unter den Siebboden gestattet. Das Drahtnetz ist innen mit einem feinen, rundgeschnittenen Leinwandstückchen belegt und die Grösse des Cylinders (16 cm Höhe, 4 cm Durchmesser) derartig bemessen, dass er vom Drahtnetz bis zum oberen Rande genau 200 ccm Rauminhalt besitzt.

Vor dem Versuch wird das Leinwandläppchen angefeuchtet, der Apparat alsdann, in einer kleinen Porzellanschale stehend, mit dieser zusammen gewogen und dann in kleinen Antheilen, und unter fortwährendem gelinden Rütteln und Aufstossen auf eine weiche Unterlage, mit möglichst fein zerriebenem, lufttrockenen Boden bis zum Rande angefüllt, so dass endlich bei fortgesetztem Rütteln ein weiteres Zusammensetzen des Inhalts nicht mehr stattfindet.

Nach glattem Abstreichen der Bodenoberfläche mittelst eines Kartenblattes wird der gefüllte Cylinder mit dem schon benutzten untergestellten Porzellanschälchen zusammen gewogen[2]) und darauf in ein grösseres, flaches Gefäss übertragen, welches so hoch Wasser enthält, dass der Siebboden des Cylinders 5 bis 10 mm tief unter der Wasser-Oberfläche sich befindet. Ueber die ganze Vorrichtung wird eine Glasglocke gestülpt, welche Verdunstung ausschliesst.

Der Boden saugt nun, je nach seiner chemischen und mechanischen Beschaffenheit in schnellerer oder kürzerer Zeit, so viel Wasser auf, als er vermag; — sobald an der Oberfläche die Durchfeuchtung zu Tage tritt, nimmt man den Cylinder heraus, lässt abtropfen und wägt, indem man

---

[1]) Wahnschaffe, S. 137.

[2]) Wie leicht ersichtlich, ist mit dieser Bestimmung die des „absoluten oder Volumgewichts“ unter B. zu vereinigen.

ihn auf das mehrfach benutzte Porzellanschälchen stellt. Man belässt den Cylinder so lange in dem wassergefüllten Untersatz, bis bei wiederholtem Wägen kein wesentlicher Gewichts-Unterschied mehr hervortritt.

Die Gewichtszunahme gegen die Wägung im trockenen Zustande entspricht der Menge des aufgesogenen, absorbirten Wassers, dessen Betrag auf 100 Raumtheile lufttrockenen Boden umgerechnet und angegeben wird.

Fig. 16.



Beispiel.

Cylinder mit lufttrockenem Boden	435,20 g
Cylinder leer.	124,30 g
Boden . .	310,90 g
Cylinder mit Boden nach der Durchfeuchtung . .	502,73 g
Cylinder mit Boden vor der Durchfeuchtung. . . .	435,20 g
Gew. d. angesaugt. Wassers	67,53 g

$$310{,}90 : 67{,}53 = 100{,}0 : x$$
$$x = 21{,}7.$$

Es beträgt mithin die wasserhaltende Kraft 21,7 Proc. vom Gewicht des lufttrockenen Bodens.

F. Bestimmung des Aufsaugungs-Vermögens.

Die im Boden vorhandenen luftgefüllten, kleinen Hohlräume oder Poren üben auf das in der Erde sich bewegende Wasser eine aufsaugende Wirkung aus, welche in physikalischer Beziehung derjenigen gleich ist, wie sie bei feinen Haar- oder Capillar-Röhrchen beobachtet wird. Dieses Aufsaugungs-Vermögen oder die Capillar-Anziehung hindert einerseits das völlige Versinken des durch meteorische Niederschläge auf und in den Boden gelangenden Wassers, es bewirkt aber auch andererseits das Emporsteigen der Feuchtigkeit des Untergrundes und schützt somit die Ackerkrume vor völligem Austrocknen. Das Aufsaugungsvermögen wächst im Allgemeinen mit der mechanischen Zertheilung des Bodens; je feiner die Gemengtheile desselben, je grösser also die Porosität, um so stärker ist

die Aufsaugung zu beobachten. Dagegen wird sie erschwert und verlangsamt durch hohen Gehalt an thonigen und humosen Bestandtheilen.

Man verwendet zu der Untersuchung beiderseitig offene Glasröhren von 100 cm Länge und 2 cm Weite mit einer Eintheilung in Centimeter. Die untere Oeffnung schliesst man durch ein übergebundenes Stückchen feines Mullzeug und füllt dann die Röhre mit Hülfe des Neusilbertrichters in ähnlicher Weise, wie bei B. und E. beschrieben, mit fein zerriebenem, lufttrockenen Boden bis zur obersten Marke derart, dass bei fortgesetztem Rütteln schliesslich ein weiteres Zusammensetzen des Bodens nicht mehr stattfindet. Die gefüllte Röhre spannt man in senkrechter Stellung in eine Klemme (Fig. 16 a. v. S.) und lässt das untere Ende etwa 2 cm tief in ein mit Wasser gefülltes Gefäss tauchen.

Der Boden saugt nunmehr Wasser an und man ermittelt entweder, wie viel Zeit die Feuchtigkeit gebraucht, um 20, 30, 40 u. s. w. cm hoch aufzusteigen, oder man liest die Höhe in Centimetern ab, bis zu welcher die Feuchtigkeit in 12 Stunden, 24 Stunden u. s. w. — bis eine weitere Zunahme nicht mehr wahrzunehmen — gestiegen ist.

Beispiel. Der im Vorstehenden untersuchte Boden gab bei diesem Versuche folgende Zahlenwerthe:

Stand der Feuchtigkeit nach Verlauf von

12 Stunden	. .	34 cm Höhe
24 „	. .	45 „ „
48 „	. .	61 „ „
72 „	. .	70 „ „
96 „	. .	77 „ „
120 „	. .	82 „ „

Das Aufsaugungsvermögen betrug demnach in 120 Stunden 82 cm Höhe.

VI. Zusammenstellung der Resultate.

Die Ergebnisse der Analyse, sowie der Beobachtungen, welche bei der Probenahme angestellt werden konnten, würden etwa in folgende Form zu bringen sein:

„Von einem in sehr gutem Cultur-Zustande befindlichen, von Osten nach Westen schwach geneigten, drainirten, sehr gleichmässig beschaffenen Ackerstück, — dessen Boden als ein „milder, humoser Sandboden“ zu bezeichnen, ist an zehn verschiedenen Stellen Probe genommen. Die Tiefe der Ackerkrume betrug 45 bis 48 cm, der darunter stehende Untergrund war anscheinend von fast gleicher Beschaffenheit. In einer Düngung von 800 kg ammoniakhaltigem Superphosphat (9 : 9) auf den Hectar hatte die betreffende Fläche als letzte Frucht Zuckerrüben, vorher Weizen getragen.

Die durch sorgfältigste Mischung der zehn Einzelproben hergestellte Durchschnitts-Probe, anfänglich bodenfeucht, trocknete, in dünnen Schichten ausgebreitet, nach viertägigem Verbleiben in einem erwärmten Zimmer zu staubiger „lufttrockener“ Substanz aus. Die Gesammtmenge betrug 8,26 kg, — trotz genauen Durchsuchens konnten „gröbere Steine“ nicht darin gefunden und ausgesondert werden.

Die Untersuchung ergab folgende Resultate:

Mechanische Untersuchung.

Es enthielten 100 Gewichtstheile Boden:

Steine		(Rückstand im Siebe Nr. I)	0,40	Proc.
Feinboden	Steinkies	(„ „ „ „ II)	0,48	„
	Grobkies	(„ „ „ „ III)	1,04	„
	Feinkies	(„ „ „ „ IV)	8,39	„
	Grobsand	(„ „ „ „ V)	24,39	„
	Feinsand	(„ „ „ „ VI)	13,23	„
	Staubsand	. . . .	42,07	„
	Thon	. . . .	10,00	„
			100,00	Proc.

Chemische Untersuchung.

Reaction auf Lackmus-Papier . . . . neutral.

Es enthielten 100 Gewichtstheile Feinboden:

Im lufttrockenen Zustande:

Feuchtigkeit . . . . 1,320 Proc.,

im wasserfreien Zustande (bei 100 bis 105° C. getrocknet):

Glüh-Verlust	2,848	Proc.
Kohlensaures Calcium	2,473	„
Kohlensaures Magnesium	0,729	„
Gesammt-Stickstoff	0,288	„
Ammoniak	0,022	„
Salpetersäure	0,052	„
Humus	2,115	„

In Salzsäure löslich:

Kieselsäure	0,217	„
Eisenoxyd	2,471	„
Thonerde	1,272	„
Kalk	1,111	„
Magnesia	0,346	„
Schwefelsäure	0,050	„
Kali	0,143	„
Natron	0,003	„
Phosphorsäure	0,158	„
Eisenoxydul	—	

Physikalische Untersuchung.

Specifisches Gewicht bei 17,5° C.	2,5129
Absolutes Gewicht	1,5291
Porosität (Volum der Poren)	39,15
Absorptions-Coëfficient für Kali	113
" " " Stickstoff (als Ammoniak)	80
" " " Phosphorsäure	109

Die wasserhaltende Kraft betrug 21,7 Proc. des Bodengewichts, das Aufsaugungs-Vermögen ergab in 120 Stunden 82 cm Höhe."

VII. Die Verwerthung der Boden-Untersuchung.

Die im Vorstehenden abgehandelten und beschriebenen Methoden für die wichtigsten Bestimmungen innerhalb der Boden-Untersuchung und die damit zu gewinnenden Zahlenwerthe geben zwar ein Bild von der chemischen und mechanischen Zusammensetzung eines danach analysirten Bodens und eine Uebersicht über einige seiner physikalischen Eigenschaften, aber sie können selbstverständlich nicht als Werthmesser und Maassstab für die Güte und Ertragsfähigkeit eines Bodens angesehen werden.

Die Fruchtbarkeit eines Bodens wird neben der chemischen und mechanischen Beschaffenheit desselben von einer so grossen Fülle anderer Umstände, welche in ihrer Wirkung wenig oder noch gar nicht gekannt oder auch von dem menschlichen Willen und der menschlichen Thätigkeit ganz unabhängig sind, mitbestimmt, dass die Analysen-Resultate nach dieser Richtung hin zu sicheren Folgerungen nicht berechtigen.

Dagegen vermögen sie in vielen Fällen Aufschluss zu geben über gewisse, dem Boden etwa anhängende Mängel, über die Abwesenheit oder unzulängliche Gegenwart wichtiger Bodenbestandtheile und Pflanzennährstoffe und über die Maassregeln, derartigen Mängeln entgegenzuwirken. Sie belehren über das Vorhandensein pflanzenschädlicher Stoffe und damit unter Umständen über beobachtete Unfruchtbarkeit, sie lassen Schlüsse zu über die Ausnutzung des Bodens, über passenden Ersatz durch Düngung, über die Wirksamkeit oder Unwirksamkeit gewisser Düngemittel u. s. w.

In solchen Beziehungen kann die Boden-Analyse werthvolle Ergebnisse liefern, — es ist jedoch unter allen Umständen erforderlich, die über die Einzel-Untersuchungen vereinbarten Methoden aufs Genaueste innezuhalten, um dadurch Beurtheilung und Vergleich zu ermöglichen und sicher zu stellen.

ALPHABETISCHES SACHREGISTER.



